UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DE LOS LODOS GENERADOS EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS Y UNIDADES DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES NO DOMÉSTICAS DE LAS CURTIEMBRES DEL BARRIO SAN BENITO EN BOGOTA DC

Natalia Loaiza Cordero

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería Química y Ambiental

Bogotá D.C., Colombia

2020

CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DE LOS LODOS GENERADOS EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS Y UNIDADES DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES NO DOMÉSTICAS DE LAS CURTIEMBRES DEL BARRIO SAN BENITO EN BOGOTA DC

Natalia Loaiza Cordero

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ingeniería Ambiental

Director:

Ingeniero Químico MSc -Esp Oscar Javier Suarez Medina

Ingeniera Ambiental y Sanitaria Natalia Loaiza Cordero

Línea de Investigación:

Residuos Sólidos

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería Química y Ambiental

Bogotá D.C., Colombia

2020

Dedicatoria

A mi padre Edgar por acompañarme y ser incondicional en cada uno de los momentos de mi vida.

A mi madre Esperanza por ser el eje central y escucharme dándome su apoyo siempre.

A mi hermana María Isabel por ser la persona que me ayudó a ser disciplinada y responsable con el proyecto y ser la mejor de las amigas.

A Gustavo por su paciencia, apoyo incondicional y por ofrecerme de su tiempo para ayudarme en el laboratorio, en la redacción del proyecto y ser la luz en mis momentos de oscuridad.

Agradecimientos

Quiero agradecer a los laboratorios de Ingeniería Ambiental y de Química de la Universidad Nacional por brindarme los insumos y equipos necesarios para poder efectuar cada una de las pruebas, también a cada una de las personas de los laboratorios que me brindaron su ayuda para desarrollar el proyecto en especial a Ricardo Cortes, Saúl Parra y Martha Bustos, quienes siempre estuvieron dispuestos cuando la necesité.

A su vez quiero agradecer a cada una de las curtiembres que me ayudaron y ofrecieron las muestras de los lodos sin ningún problema y estuvieron pendientes si necesitaba algo adicional para llevar a cabo el estudio.

Por último, al director del trabajo Oscar Javier Suarez Medina quien siempre fue soporte para revisar, acompañar y tener comunicación directa con los laboratorios para que se llevaran a cabo las pruebas de manera correcta, oportuna y eficiente.

Resumen

En las curtiembres, se efectúa la trasformación de pieles de animales de diferente origen en un material duro, flexible y resistente llamado cuero. En muchos países representa segmentos fundamentales en sus economías, si bien Colombia es un pequeño productor comparado con otros países como China e Italia, para el país es un sector importante para su economía, siendo los mayores productores los departamentos de Atlántico, Antioquia, Cundinamarca y la ciudad de Bogotá, en el barrio San Benito. Entre las principales problemáticas de estas industrias, están las grandes cantidades de agua que se consumen en cada unidad productiva, junto con su tratamiento y los lodos generados al finalizar cada proceso, los cuales actualmente son considerados residuos peligrosos. Con esta tesis se buscó caracterizar los lodos de cada proceso productivo y de las unidades de tratamiento de agua residual no doméstica, con el fin de identificar si éstos verdaderamente cuentan con alguna característica de peligrosidad de acuerdo con la Resolución 062 del 2007 del IDEAM, a partir de esto en caso de serlo se procedió a identificar a partir de estudios realizados cuales alternativas de gestión alternas pueden ser realizadas diferentes a la disposición final.

Una vez efectuado el estudio, se encontró que los lodos provenientes de la planta de tratamiento de las aguas residuales no domésticas tienen características de inflamabilidad, los lodos de pelambre y de curtido vegetal son ecotóxicos a partir de los resultados obtenidos en las pruebas realizadas, para éstos se encontraron alternativas biológicas, térmicas, físicas o estudios en donde se usaron como materia prima para la elaboración de nuevos productos, concluyendo que si bien se han estudiado diferentes alternativas de gestión, la adición de lodos de curtiembre para el co procesamiento de cemento puede ser la opción más viable para gestionar todos los tipos de lodos, ya que siempre y cuando se haga un buen manejo del gas de salida, no se generarían emisiones de gases nocivos, no se necesitaría el uso de carbón el cual se usa normalmente en el proceso, se pueden

agregar lodos hasta el 0.7% de la composición de la alimentación y la calidad del cemento no se altera.

Palabras clave: Curtiembres, agua residual no doméstica, lodos, caracterización fisicoquímica, residuos peligrosos.

Abstract

In tanneries, animal skins of different origins are transformed into a hard, flexible and resistant material called leather. In many countries it represents fundamental segments in their economies, although Colombia is a small producer compared to other countries such as China and Italy, for the country it is an important sector for its economy, the largest producers being the departments of Atlántico, Antioquia, Cundinamarca and the city of Bogotá, in the San Benito neighborhood. Among the main problems of these industries are the large amounts of water consumed in each production unit, along with its treatment and the sludge generated at the end of each process, which are currently considered hazardous waste. With this thesis, it was sought to characterize the sludge from each production process and non-domestic wastewater treatment units, in order to identify if they truly have any dangerous characteristics in accordance with IDEAM Resolution 062 of 2007, at Based on this, if it were, we proceeded to identify from studies carried out which alternative management alternatives could be carried out other than the final disposal.

Once the study was carried out, it was found that the sludge from the non-domestic wastewater treatment plant has flammability characteristics, the fur and vegetable tanning are ecotoxic from the results obtained in the tests carried out, to These were found biological, thermal, physical alternatives or studies where they were used as raw material for the elaboration of new products, concluding that although different management alternatives have been studied, the addition of tannery sludge for the co-processing of cement can be the most viable option to manage all types of sludge, since as long as the flue gas is properly managed, no harmful gas emissions would be generated, the use of

coal which is normally used in the process, sludge can be added up to 0.7% of the feed composition and the cement quality is not altered.

Keywords: Tanneries, non-domestic wastewater, sludge, physical-chemical characterization, hazardous waste.

Contenido

1. Marco teórico 5
1.1 Ribera 5
1.1.1 Recepción y almacenamiento de la materia prima 5
1.1.2 Pre descarne 6
1.1.3 Remojo 7
1.1.4 Pelambre 7
1.1.5 Descarne 8
1.1.6 Dividido 8
1.2 Curtido 8
1.2.1 Desencalado y purga 9
1.2.2 Piquelado 9
1.2.3 Curtido 9
1.2.4 Rebajado 10
1.3 Acabado en húmedo 10
1.3.1 Recurtido 11
1.3.2 Teñido y engrase 11
1.4 Acabado en seco 11
1.4.1 Secado y ablandado 11
1.4.3 Pintado y planchado 12
1.5 Tratamiento preliminar 13
1.6 Remoción de sulfuros (para aguas básicas) 13
1.7 Remoción de cromo (para aguas ácidas) 14
1.8 Tratamiento primario 14
1.9 Tratamiento secundario 14
1.10 Tratamiento terciario 15
1.11 Decreto 1076 de 2015 15
1.12 Resolución 631 de 2015 15
1.13 Resolución 062 de 2007 IDEAM 16
1.13.1 Características de corrosividad 16
1.13.2 Características de reactividad 16
1.13.3 Características de explosividad 17
1.13.4 Características de inflamabilidad 17

1.13.5 Características de toxicidad 18

2. Metodología 19

3. Caracterización fisicoquímica 21
3.1 Muestreo 25
3.2 Protocolo metodológico para Corrosividad 26
3.2.1 Determinación de pH 26
3.2.2 Determinación reserva acido/álcali 27
3.3 Protocolo metodológico para Explosividad 29
3.4 Protocolo metodológico para Inflamabilidad 30
3.5 Protocolo metodológico para Reactividad 33
3.5.1 Primera etapa 33
3.5.2 Segunda etapa 34
3.5.3 Tercera etapa 35
3.5.4 Cuarta etapa 36
3.6 Protocolo metodológico para Toxicidad 38
3.6.1 Procedimiento de lixiviación para la característica de toxicidad – TCLP 38
3.6.2 Ensayo de inhibición de algas 49

4. Alternativas de gestión 55
4.1 Alternativas biológicas 55
4.1.1 Biolixiviación 55
4.1.2 Compostaje 56
4.1.3 Vermicompostaje 58
4.1.4 Codigestión 59
4.2 Alternativas Térmicas 60
4.2.1 Incineración. 60
4.2.2 Co combustión y co procesamiento 60
4.3 Alternativas físicas 62
4.3 Elaboración de nuevos productos 64
4.3.1 Ladrillos y geopolimero 64
4.3.2 Remediación en agua y elaboración de carbón activado 66

5. Conclusiones y recomendaciones 68
5.1 Conclusiones 68
5.2 Recomendaciones 70

6. Bibliografía 71

A. ANEXO: Materias primas e insumos utilizados en el proceso productivo y tratamiento de ARnD 75

B. Anexo. Resultados prueba inhibición de algas 88

Lista de figuras

Figura 3-1. Tipo de muestreo sobre espacio. 25

Lista de tablas

Tabla 1-1. Aspectos ambientales generados 12
Tabla 3-1. Curtiembres con permiso de vertimientos 21
Tabla 3-2. Resultados obtenidos de la prueba 27
Tabla 3-3. Resultados prueba acido/álcali 28
Tabla 3-4. Usos industriales de sustancias controladas por su uso en explosivos 29
Tabla 3-5. Resultados inflamabilidad 32
Tabla 3-6. Resultados primera etapa 34
Tabla 3-7. Resultados segunda etapa 35
Tabla 3-8. Resultados tercera etapa 36
Tabla 3-9. Peso utilizado para la prueba 36
Tabla 3-10. Resultados cuarta etapa 37
Tabla 3-11. Fluido de extracción a utilizar 39
Tabla 3-12. Cadmio obtenido en muestras 41
Tabla 3-13. Plomo obtenido en muestras 43
Tabla 3-14. Plata obtenido en muestras 44
Tabla 3-15. Cromo obtenido en muestras 45
Tabla 3-16. Arsénico obtenido en muestras 46
Tabla 3-17. Mercurio obtenido en muestras 47
Tabla 3-18. Bario obtenido en muestras 49
Tabla 3-19. Resultados caracterización fisicoquímica 51
B. Tabla A-1. Materias primas, insumos y reactivos utilizados en cada curtiembre 76

Lista de imágenes

Imagen 1-1. Almacenamiento de pieles 6
Imagen 1-2. Pre descarne de pieles 6
Imagen 1-3. Pelambre 7
Imagen 1-4. Dividido 8
Imagen 1-5. Curtido de pieles 10
Imagen 1-6. Viruta resultante de rebajado 10
Imagen 1-7. Pieles teñidas 11
Imagen 1-8. Acabado pieles 12
Imagen 3-1. Bolsas con muestras de curtiembre 26
Imagen 3-2. Separación de muestra pelambre por curtiembre 26
Imagen 3-3. Ejecución de la prueba ejemplo curtido vegetal 26
Imagen 3-4. Toma de muestra de PTAR para la prueba 28
Imagen 3-5. Inicio de prueba en equipo 32
Imagen 3-6. Valores arrojados por el equipo con correcciones para PTAR 32
Imagen 3-7. Ejecución de prueba con lodo de pelambre. 33
Imagen 3-8. Ejecución de segunda etapa en lodo de curtido vegetal 34
Imagen 3-9. Ejecución de prueba en lodo de PTAR 35
Imagen 3-10. Ejecución cuarta etapa 37
Imagen 3-11. Calentamiento y agitación de las muestras 39
Imagen 3-12. Aparato de agitación rotatorio 40
Imagen 3-13. Resultado de muestras después de las 18 horas 40
Imagen 3-14. Espectrofotómetro de absorción atómica 40

Lista de gráficos

Gráfico 3-1. Calibración Cadmio en espectrofotómetro de absorción atómica 41
Gráfico 3-2. Calibración Plomo en espectrofotómetro de absorción atómica 42
Gráfico 3-3. Calibración Plata en espectrofotómetro de absorción atómica 43
Gráfico 3-4. Calibración Cromo en espectrofotómetro de absorción atómica 45
Gráfico 3-5. Calibración Arsénico en espectrofotómetro de absorción atómica 46
Gráfico 3-6. Calibración Mercurio en espectrofotómetro de absorción atómica 47
Gráfico 3-7. Calibración Bario en espectrofotómetro de absorción atómica..... 48

Introducción

Las curtiembres hacen parte de la economía mundial y si bien éstas no están entre los más importantes del mundo, en ciertas partes del mundo es un actor regional dominante (Giaccherinia, Munz, Dockhorn, & Lubello, 2017). Este proceso productivo consiste en la trasformación de pieles de diferentes animales en un material que por la acción de diferentes materias primas e insumos se vuelve un material duro, flexible y resistente llamado cuero. Este proceso en Colombia se encuentra registrado ante la Cámara de Comercio con los códigos 1511 y 1512 según el Código Industrial Internacional Uniforme – (CIIU), versión 4.0. Adaptada en Colombia – (CIIU) 4 AC (Secretaría Distrital de Ambiente).

Mundialmente, la unión Europea es el mayor productor y proveedor en el mercado internacional de cuero, siendo Italia el mayor país proveedor con un 15% de pieles de ternero y bovinas a nivel mundial y el 65% de la Unión Europea, luego siguen países como España, Francia, Alemania y el Reino Unido (Montañés, Sánchez-Tovar, & Roux, 2014) citando a (Comisión Europea, 2003). Hablando a nivel nacional Atlántico es el departamento que más exporta pieles curtidas con un 31%, luego Antioquia con el 30% y siguen Cundinamarca y Bogotá con el 24%. (Secretaría Distrital de Ambiente). En la localidad de Tunjuelito se encuentra un barrio que se llama San Benito en el cual se concentran más del 90% de las curtiembres de la ciudad, en éstas se procesan diferentes tipos de pieles y se les realiza todo el proceso productivo hasta obtener el producto final que es el cuero. La Secretaría Distrital de Ambiente de acuerdo con un censo que realizó en el año 2016 encontró que en el barrio hay 287 curtiembres, de las cuales 224 realizan procesos en húmedo (Ribera, curtido y acabado en húmedo y 63 trabajan procesos en seco (secado, ablandado, pintado y planchado (Secretaría Distrital de Ambiente, 2016).

Teniendo en cuenta que en las etapas iniciales para la transformación de las pieles en cuero, se realizan con agua como insumo principal, al finalizar cada una de estas etapas se generan grandes cantidades de Agua Residual no Doméstica (ARnD), la cual contiene una alta carga orgánica en relación a la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y a otras sustancias como Nitrógeno orgánico, altos niveles de sólidos suspendidos, productos químicos y metales pesados, entre otros (Giaccherinia, Munz, Dockhorn, & Lubello, 2017). De acuerdo con (Alibardi & Cossu, 2016) citando a (UNIC, 2010) por cada metro cuadrado de producto final se utilizan 2 Kg de químicos, más de 100 L de agua y el consumo de electricidad requerido por cada 1000 m^2 de producto final es de más de 1 tonelada equivalente de petróleo como fuente de energía.

Haciendo una comparación el consumo energético para la remoción por Kg de DQO en las ARnD de las curtiembres es 3,9 kWh, mientras que para el tratamiento de aguas residuales municipales es de 1,4 kWh, indicando que este proceso productivo genera una gran huella de carbono y emisiones directas e indirectas de gases de efecto invernadero ya que emite 1,49 X 10^{-3} tCO2 eq d^{-1} (Giaccherinia, Munz, Dockhorn, & Lubello, 2017).

Al finalizar cada proceso productivo en húmedo junto con el tratamiento de las Aguas Residuales no Domésticas se generan lodos que contienen materia orgánica, grasas, proteínas, calcio, metales pesados y sales como sulfatos, cloruros y carbonatos (Pantazopoulou, & Zouboulis, 2017), éstos pueden contener 8.6% de cromo en relación al peso, carbono orgánico en un 22.6% y calcio en un 9% (Kavouras, y otros, 2015). Debido a que se generan lodos en todos los procesos que se realizan en húmedo y en el tratamiento de las aguas residuales no domésticas, mensualmente varias toneladas de éstos deben ser dispuestos por las curtiembres, y debido a que de acuerdo a las referencias bibliográficas, estos lodos se han catalogado como residuos peligrosos al ser corrosivos y pertenecientes a la corriente Y21 (Anexo I y II, Título 6, Decreto 1076 de 2015) (Universidad Nacional de Colombia, 2011), actualmente se les debe efectuar una gestión como incineración o disponerlos en una celda de seguridad de un relleno (Secretaría Distrital de Ambiente, s.f), lo cual hace que los costos de disposición sean mayores haciendo

que las curtiembres muchas veces los almacenen por gran cantidad de tiempo o no los entreguen a los gestores autorizados.

La autoridad ambiental distrital en sus visitas técnicas de control y vigilancia, constata que las curtiembres estén entregando éstos a gestores autorizados para que le efectúen la gestión como residuos peligrosos de acuerdo con la licencia ambiental que se tenga. No obstante, a la fecha no se encontró ningún estudio realizado en Bogotá D.C, que se le haya efectuado a los lodos de las curtiembres de este barrio acreditado por alguna autoridad ambiental, donde mediante una caracterización fisicoquímica de los lodos de cada corriente, se establezca cuáles son residuos peligrosos ni tampoco se plantean alternativas de gestión diferentes a la incineración y disposición final.

Teniendo en cuenta lo anterior y con el fin de establecer si los lodos generados en las curtiembres del barrio San Benito cuentan con características de peligrosidad, en este estudio se encuentra inicialmente en el capítulo uno el marco teórico donde se describe el proceso productivo de las curtiembres desde la recepción de las pieles hasta el acabado final de las mismas y la descripción de las Plantas de Tratamiento de agua residual no Doméstica que se encuentran en las curtiembres de este barrio, esto con el fin de tener claro el proceso productivo y poder establecer en que partes del proceso se generan los lodos, a su vez se describe la normatividad actual tenida en cuenta en materia de vertimientos y residuos. En el capítulo dos se presenta la metodología empleada para llevar a cabo los objetivos establecidos en la propuesta del trabajo final de la maestría.

En el capítulo tres se hace la descripción de las materias primas e insumos y reactivos utilizados por las curtiembres que contaban con permiso de vertimientos a partir de la revisión documental, luego se establece el número de curtiembres a muestrear y número de muestras a componer. A partir de esto, se presentan los protocolos metodológicos empleados en cada muestra de acuerdo con la Resolución 062 de 2007 del IDEAM y se establecieron cuales por los resultados obtenidos pueden ser considerados residuos peligrosos.

Por último, en el capítulo cuatro a partir de revisión de diferentes estudios se plantean posibles alternativas de gestión para cada tipo de lodo, las cuales podrán ser implementadas por las curtiembres para minimizar y mitigar los impactos ambientales generados por los lodos en esta actividad productiva.

1. Marco teórico

Los principales procesos en relación a la transformación de pieles se presentan a continuación:

1.1 Ribera

Conjunto de operaciones cuya finalidad es retirar el pelo de la piel, aislar la dermis y dejarla preparada para que pueda absorber los materiales curtientes (Telléz, Carvajal Roxs, & Gaitán, 2004), las operaciones unitarias de este proceso con base en (Universidad Nacional de Colombia, 2011) (Secretaría Distrital de Ambiente) y (Torres, 2014) son:

1.1.1 Recepción y almacenamiento de la materia prima

Busca prevenir la degradación de las pieles mediante bacterias por su alta cantidad de materia orgánica que contienen, por esta razón pueden ser refrigeradas, lavadas o se les adiciona sal para su preservación, cabe agregar que para una producción más limpia esta sal puede ser removida mecánica y/o manualmente y puede ser utilizada en otras pieles. Entre mayor cantidad de sal se remueva mecánicamente para continuar con las siguientes operaciones menor será la cantidad de cloruros presentes en el agua. A su vez éstas pueden ser refrigeradas con el fin de evitar el uso de sales.

Imagen 1-1. Almacenamiento de pieles

Fuente. Propia

1.1.2 Pre descarne

Se elimina el tejido subcutáneo adiposo que se encuentra superficialmente y puede ser removido sin ningún tipo de insumo químico, esta operación se realiza para que posteriormente los insumos químicos penetren con mayor facilidad a la piel y pueda ser retirado el pelo, al no haber entrado en contacto con ningún químico los residuos de esta operación pueden ser utilizados en la producción de alimentos (incluyendo sebo, unche), jabones, juguetes para animales e incluso en la industria química.

Imagen 1-2. Pre descarne de pieles

Fuente. Propia

1.1.3 Remojo

Esta es la primera operación en donde la piel entra en contacto con agua e insumos como bactericidas, tensoactivos y enzimas entre otros, su finalidad es aumentarle la humedad a la piel entre el 60 y 65% para permitir que penetren los químicos además de eliminar la suciedad con la que vienen las pieles, esta agua puede ser recirculada un sinnúmero de veces para realizarle esta operación a otras pieles siempre y cuando se verifiquen las características físico químicas al agua, en especial la concentración de cloruros en caso de que las pieles hayan sido preservada con sales y constatar que en el agua no se estén generando bacterias o microorganismos patógenos.

1.1.4 Pelambre

En esta operación se busca eliminar la capa superior de la piel (epidermis) junto con el pelo, lo ideal es utilizar insumos que permitan arrancar el pelo de raíz sin su destrucción para evitar un aumento en la carga orgánica del agua y de los lodos generados de esta operación, entre los insumos más utilizados para esta operación son agua, Sulfuro de Sodio y Cal, haciendo que el pH del agua sea alcalino, el agua que sale de este proceso puede ser recirculada siempre y cuando se filtre y elimine la mayor cantidad de materia orgánica y a su vez se reestablezcan las concentraciones del sulfuro y cal.

Imagen 1-3. Pelambre

Fuente. Propia

1.1.5 Descarne

Se elimina el tejido subcutáneo y adiposo restante que no había podido ser removido anteriormente que se encontraba adherido a la cara interna de la piel, por lo general se utiliza una máquina para realizar esta operación, de ésta salen los mismos residuos que en el predescarne, no obstante, se producen en mayor cantidad.

1.1.6 Dividido

Esta operación puede ser efectuada después del pelambre o del curtido, se divide la piel en dos capas (flor y carnaza), la flor es la parte utilizada para realizar diferentes productos de calzado, marroquinería, talabartería, tapizados entre otros y la carnaza es usada para efectuar elementos de protección personal y juguetes para animales.

Imagen 1-4. Dividido

Fuente. Propia

1.2 Curtido

En este proceso las pieles entran en contacto con los insumos químicos que estabilizan su composición orgánica y el material se vuelve más resistente y libre de descomposición y/o putrefacción (Téllez M., Carvajal Roxs, & Gaitán, 2004), las operaciones unitarias de este proceso con base en (Universidad Nacional de Colombia, 2011) (Secretaría Distrital de Ambiente) y (Torres, 2014) son:

1.2.1 Desencalado y purga

Busca la eliminación de la cal, neutralizar el pH, el deshinchamiento de las pieles y prepararlas para los agentes curtientes, se utilizan por lo general sales de amonio, ácidos orgánicos o inorgánicos para efectuar esta operación.

1.2.2 Piquelado

Se adicionan ácidos a las pieles hasta un determinado pH (entre 2.8 y 3.5), para bajar completamente el contenido de la sal y permitir el ingreso los curtientes y fijarlos en las pieles, por lo general se utiliza el ácido fórmico para esta operación teniendo en cuenta el uso restringido del ácido sulfúrico, el agua de esta operación también puede ser recirculada siempre y cuando se tenga en cuenta la salinidad, pH, temperatura y haber filtrado el licor del piquel para evitar la acumulación de sólidos y grasas.

1.2.3 Curtido

Transforma la piel en un material flexible, estable, resistente en cuanto a material y a la putrefacción, esto se logra mediante la reacción del colágeno con insumos como sales de cromo o taninos vegetales, las diferencias entre hacerlo con uno u otro radica en el tiempo necesario para llevar a cabo este proceso, debido a su color azul verdoso al cuero en esta operación se le conoce como “Wet –blue”, esta agua puede ser recirculada restaurando las concentraciones de los insumos utilizados, el pH y retirando los sólidos sedimentables y el licor, una vez las características físico químicas no sean las indicadas puede adicionarse un agente alcalino para que se precipite el cromo.

Imagen 1-5. Curtido de pieles

Fuente. Propia

1.2.4 Rebajado

Una vez escurridas las pieles, se les realiza su rebajado para que a lo largo de toda la piel queden con el mismo grosor, esta operación se hace mecánicamente, y estos residuos pueden ser utilizados para recuperar cromo y devolverlo al ciclo productivo.

Imagen 1-6. Viruta resultante de rebajado

Fuente. Propia

1.3 Acabado en húmedo

Con base en (Universidad Nacional de Colombia, 2011) (Secretaría Distrital de Ambiente) y (Torres, 2014) se divide en:

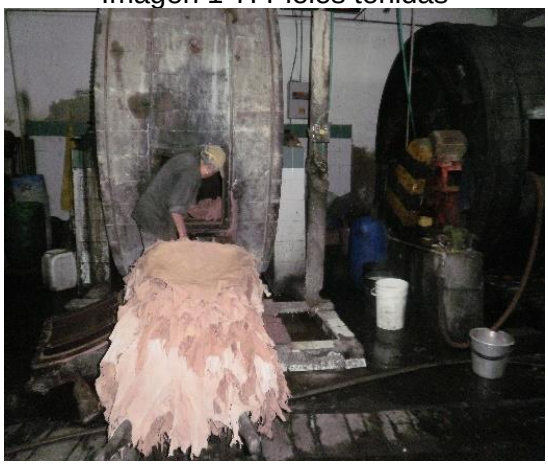
1.3.1 Recurtido

Se vuelve a realizar la misma operación que en el curtido, esto se hace con el fin de que el cuero obtenga mayores características de suavidad, firmeza, resistencia y finura; adicional a los anteriores insumos se utilizan recurtientes.

1.3.2 Teñido y engrase

En esta operación se le da color al cuero, textura, suavidad y flexibilidad, se utilizan anilinas o colorantes de compuestos orgánicos aromáticos solubles en agua y ácidos para conferirle resistencia a la luz, manipulación y tracción, para el engrase son utilizadas grasas o aceites animales.

Imagen 1-7. Pieles teñidas



Fuente. Propia

1.4 Acabado en seco

Con base en (Universidad Nacional de Colombia, 2011) (Secretaría Distrital de Ambiente) y (Torres, 2014) se dividen en:

1.4.1 Secado y ablandado

Permite retirar la humedad de todos los procesos anteriores y la reticulación de los productos químicos que la componen, puede realizarse natural o mecánicamente. Se separan las fibras por una acción mecánica, se disminuye la firmeza del cuero, generando una mayor suavidad.

1.4.3 Pintado y planchado

Se aplican capas de pintura, barnices solventes de manera uniforme sobre la superficie del cuero, luego se prensan bajo presión y elevadas temperaturas con el fin de obtener un cuero liso o grabado dependiendo del modelo que se desea.

Imagen 1-8. Acabado pieles

Fuente. Propia

De acuerdo con la descripción anteriormente mencionada, los aspectos ambientales generados en los procesos son

Tabla 1-1. Aspectos ambientales generados

PROCESO	ASPECTO AMBIENTAL
Recepción y almacenamiento	Residuos de sal en caso de utilizarla como método de preservación
Remojo	Agua Residual no Doméstica con Alta carga orgánica y sales
Pelambre	Agua Residual no Doméstica y lodos con pH Básico
Descarnado	Residuos con alta carga orgánica
Dividido	Agua Residual no Doméstica y lodos con pH Básico
Desencale	Agua Residual no Doméstica y lodos con pH Básico
Piquelado	Agua Residual no Doméstica y lodos con pH ácido
Curtido	Agua Residual no Doméstica y lodos con pH ácido

Recurtido	Agua Residual no Doméstica y lodos con pH ácido
Teñido y engrase	Agua Residual no Doméstica y lodos con pH ácido
Acabado	Agua Residual no Doméstica y lodos con posibles características de inflamabilidad

Fuente. Propia con base en descripción anterior.

Teniendo en cuenta los aspectos ambientales generados por cada proceso en los vertimientos, con el fin de prevenir, minimizar, mitigar y/o corregir éste de tal manera que los vertimientos que se hagan en el alcantarillado cumplan con la normatividad ambiental que para el caso de vertimientos al alcantarillado es la Resolución 631 de 2015 capítulo VI, artículo 13 y capítulo VIII artículo 16, los efluentes son tratados mediante diferentes unidades de tratamiento. Cabe agregar que las aguas residuales no domésticas ácidas y básicas son tratadas previamente por separado con el fin de evitar que genere algún subproducto por las variaciones en el pH.

1.5 Tratamiento preliminar

En ésta se realizan las remociones de los sólidos suspendidos de mayor tamaño y de las grasas y aceites, una vez el Agua Residual Doméstica sale de los bombos, en cárcamos sedimentadores, se inicia el proceso de sedimentación, el agua pasa por unas rejillas y el agua sigue hasta la trampa de grasas en donde por flotación se retienen éstas, el agua contenida en las trampas es posteriormente bombeada para iniciar el tratamiento primario.

En este tratamiento no se agregan reactivos químicos, sin embargo, algunos casos utilizan enzimas para minimizar las grasas y aceites de una manera más efectiva.

1.6 Remoción de sulfuros (para aguas básicas)

Al Agua Residual no Doméstica se le agrega Sulfato de Manganeso y se deja para que oxide aproximadamente durante 12 horas, se requieren 60m^3 de aire por m^3 de efluente y concentraciones de 100 mg Mn/ L de catalizador en el efluente, con pH

aproximado de 10 unidades. Otra sustancia que también puede ser agregada en vez que Sulfato de Manganeso es Sulfato Ferroso y Cloruro Férrico, aunque no es muy recomendable ya que puede aumentar la cantidad de lodo generado (Universidad Nacional de Colombia, 2011). El efecto de esta remoción es que los lodos se sedimentan y el agua residual ya puede tratarse con la resultante de la remoción de cromo.

1.7 Remoción de cromo (para aguas ácidas)

Es necesario que el pH se encuentre entre 8.2 y 9.0 mediante la adición de cal, sales de aluminio, óxido o hidróxido manganésico, con esto iniciará la floculación y sedimentación del lodo con cromo y al sedimentar los lodos resultantes de este tipo, esta agua puede ser recirculada en el proceso productivo siempre y cuando se le ajuste nuevamente la cantidad de insumos necesarios al agua. Una vez ésta ya pierda las características para ser recirculada, se le puede hacer la remoción del cromo y pasar a tratamiento primario junto con el agua a la que se le removieron los sulfuros.

1.8 Tratamiento primario

Inicialmente pasa por unos tanques de homogenización y neutralización en los cuales el pH es neutralizado, luego pasa el agua e inicia la coagulación mediante la adición de sulfato de aluminio o Policloruro de Aluminio entre otros y seguido de esto inicia la floculación en donde se forman y juntan flóculos que al aumentar de peso y volumen se sedimentan; algunas curtiembres posterior a esto cuentan con un Sistema de Flotación por Aire Disuelto (DAF), en donde mediante la inyección de aire se generan microburbujas que arrastran y sacan el material insoluble que se encontraba aún presente en el Agua Residual no Doméstica.

1.9 Tratamiento secundario

Algunas curtiembres cuentan con un tratamiento secundario con el fin de remover principalmente las altas cargas orgánicas que aún pueden estar presentes en el agua, en su mayoría cuentan con sistemas de tratamiento de lodos activados o de lagunas aireadas. En estos los microorganismos aerobios consumen la materia

orgánica y los nutrientes disueltos en el agua como alimento y lo utilizan como fuente de energía lo cual hace que se elimine la materia biodegradable presente en el agua.

1.10 Tratamiento terciario

Por último, en algunos sistemas de tratamiento, antes de ser vertida al alcantarillado el Agua Residual no Doméstica, se tienen filtros de arena arcillosa y carbón activado en los cuales se adhieren los sólidos suspendidos restantes que contiene el agua.

1.11 Decreto 1076 de 2015

Se encuentran todos los lineamientos para dar cumplimiento en materia de vertimientos desde la clasificación de las aguas con respecto a los vertimientos (artículo 2.2.3.2.20.1), las sustancias de interés sanitario (artículo 2.2.3.3.4.1) y usuarios sujetos al permiso de vertimientos y las prohibiciones en donde no se admiten vertimientos (artículo 2.2.3.3.4.3).

Cabe agregar que de acuerdo con la Ley 1955 de 2019, por medio de la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018 – 2022, en su artículo 13, se estableció que únicamente requerirán permiso de vertimientos los usuarios que generen vertimiento a cuerpos de agua superficial o a suelo. No obstante, este estudio se planteó cuando no había salido esta ley y por esa razón se trabajó con las curtiembres que contaban con permiso de vertimiento vigente a la fecha.

Por otra parte, este Decreto en su título 6 habla acerca de las definiciones pertinentes respecto a residuos peligrosos, su clasificación, las obligaciones, responsabilidades y subsistencia de ésta como generador, el registro de generadores, sus prohibiciones, y la lista de residuos o desechos peligrosos por proceso o actividad.

1.12 Resolución 631 de 2015

Se establecen las diferencias entre Agua Residual Doméstica (ARD) y las Aguas Residuales no Domésticas (ARnD). Dependiendo del sector económico que se desarrolle la norma tiene específicamente los parámetros a los cuales deberá dar cumplimiento y los niveles máximos permisibles.

Al finalizar en la norma, se encuentra para cada sector las actividades económicas que se incluyen para un mayor entendimiento y precisión. Es importante recalcar que todos los artículos son enfocados a los vertimientos en cuerpo de agua superficial, en caso de necesitar los valores máximos permisibles en alcantarillado, se deberá multiplicar cada parámetro por el factor que se establezca en el capítulo VIII, artículo 16. Las curtiembres se encuentran en el sector 8: “Actividades de fabricación y manufactura de bienes” el cual se encuentra en el artículo 13 de la presente norma.

1.13 Resolución 062 de 2007 IDEAM

En ésta se muestran los diferentes tipos de muestreo que se pueden efectuar y los protocolos que se deben utilizar para realizar la caracterización en cuanto a Corrosividad, Explosividad, Inflamabilidad, Reactividad y Toxicidad. En cada una de éstas se encontrarán diferentes pruebas que se puedan realizar, junto con los materiales e insumos necesarios, dosis y cuáles de acuerdo con los resultados obtenidos pueden ser considerados como residuos peligrosos.

1.13.1 Características de corrosividad

Característica que hace que un residuo por acción química, pueda causar daños graves en los tejidos vivos que estén en contacto o en caso de fuga puede dañar gravemente otros materiales, y posee cualquiera de las siguientes propiedades con base en (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2016):

a) Ser acuoso y presentar un pH menor o igual a 2 o mayor o igual a 12.5 unidades;

b) Ser líquido y corroer el acero a una tasa mayor de 6.35 mm por año a una temperatura de ensayo de 55 °C

1.13.2 Características de reactividad

Es aquella característica que presenta un residuo o desecho cuando al mezclarse o ponerse en contacto con otros elementos, compuestos, sustancias o residuos tiene cualquiera de las siguientes propiedades con base en (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2016):

a) Generar gases, vapores y humos tóxicos en cantidades suficientes para provocar daños a la salud humana o al ambiente cuando se mezcla con agua;

b) Poseer, entre sus componentes, sustancias tales como cianuros, sulfuros, peróxidos orgánicos que, por reacción, liberen gases, vapores o humos tóxicos en cantidades suficientes para poner en riesgo la salud humana o el ambiente;

c) Ser capaz de producir una reacción explosiva o detonante bajo la acción de un fuerte estímulo inicial o de calor en ambientes confinados;

d) Aquel que produce una reacción endotérmica o exotérmica al ponerse en contacto con el aire, el agua o cualquier otro elemento o sustancia;

e) Provocar o favorecer la combustión.

1.13.3 Características de explosividad

Se considera que un residuo (o mezcla de residuos) son explosivos cuando en estado sólido o líquido de manera espontánea, por reacción química, puede desprender gases a una temperatura, presión y velocidad tales que puedan ocasionar daño a la salud humana y/o al ambiente, y además presenta cualquiera de las siguientes propiedades con base en (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2016);

a) Formar mezclas potencialmente explosivas con el agua;

b) Ser capaz de producir fácilmente una reacción o descomposición detonante o explosiva a temperatura de 25°C y presión de 1.0 atmósfera;

c) Ser una sustancia fabricada con el fin de producir una explosión o efecto pirotécnico.

1.13.4 Características de inflamabilidad

Característica que presenta un residuo o desecho cuando en presencia de una fuente de ignición, puede arder bajo ciertas condiciones de presión y temperatura, o presentar cualquiera de las siguientes propiedades mencionadas en (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2016):

a) Ser un gas que a una temperatura de 20°C y 1.0 atmósfera de presión arde en una mezcla igual o menor al 13% del volumen del aire;

b) Ser un líquido cuyo punto de inflamación es inferior a 60°C de temperatura, con excepción de las soluciones acuosas con menos de 24% de alcohol en volumen;

c) Ser un sólido con la capacidad bajo condiciones de temperatura de 25°C y presión de 1.0 atmósfera, de producir fuego por fricción, absorción de humedad alteraciones químicas espontáneas y quema vigorosa y persistentemente dificultando la extinción del fuego;

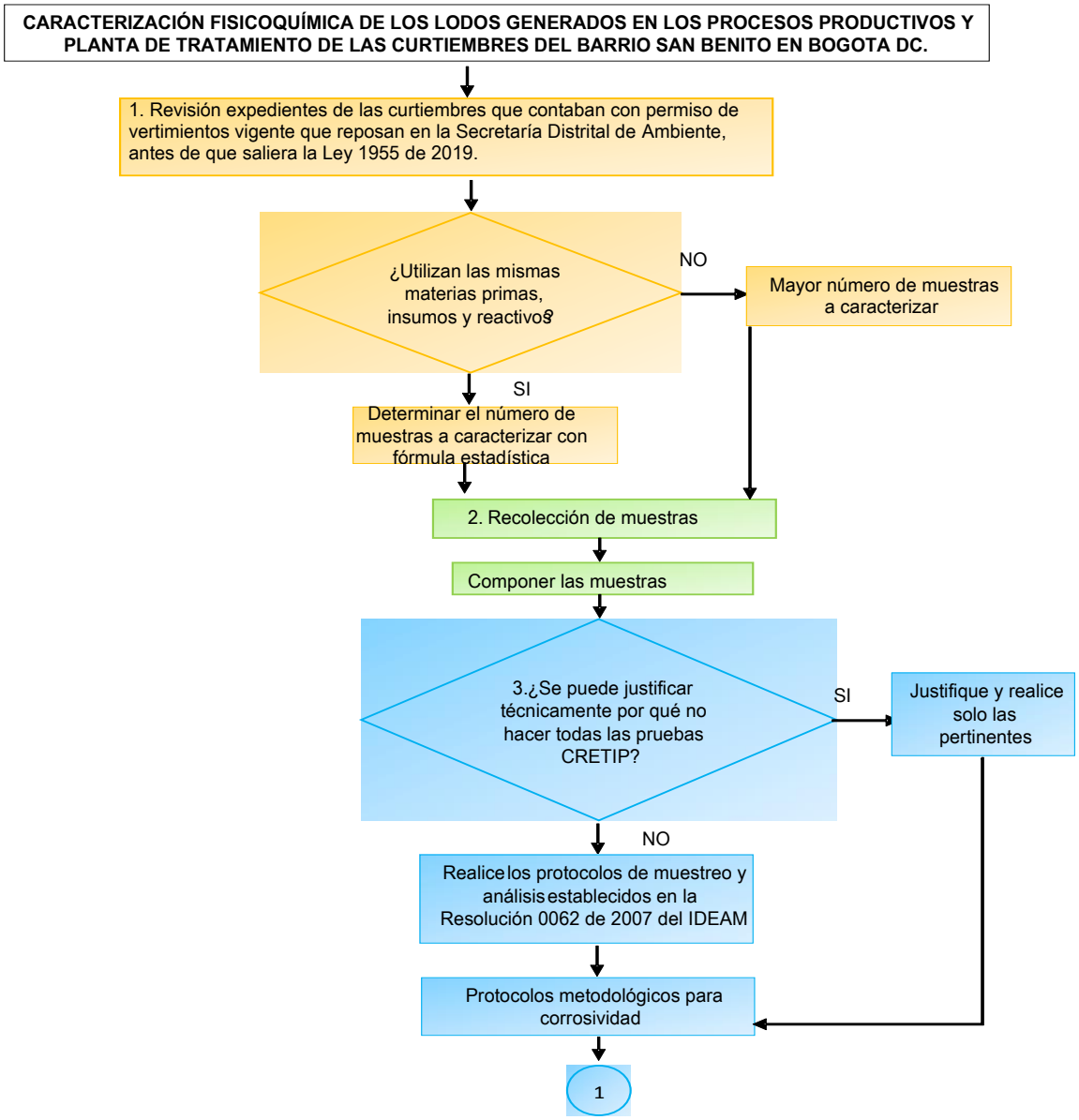
d) Ser un oxidante que puede liberar oxígeno y, como resultado, estimular la combustión y aumentar la intensidad del fuego en otro material.

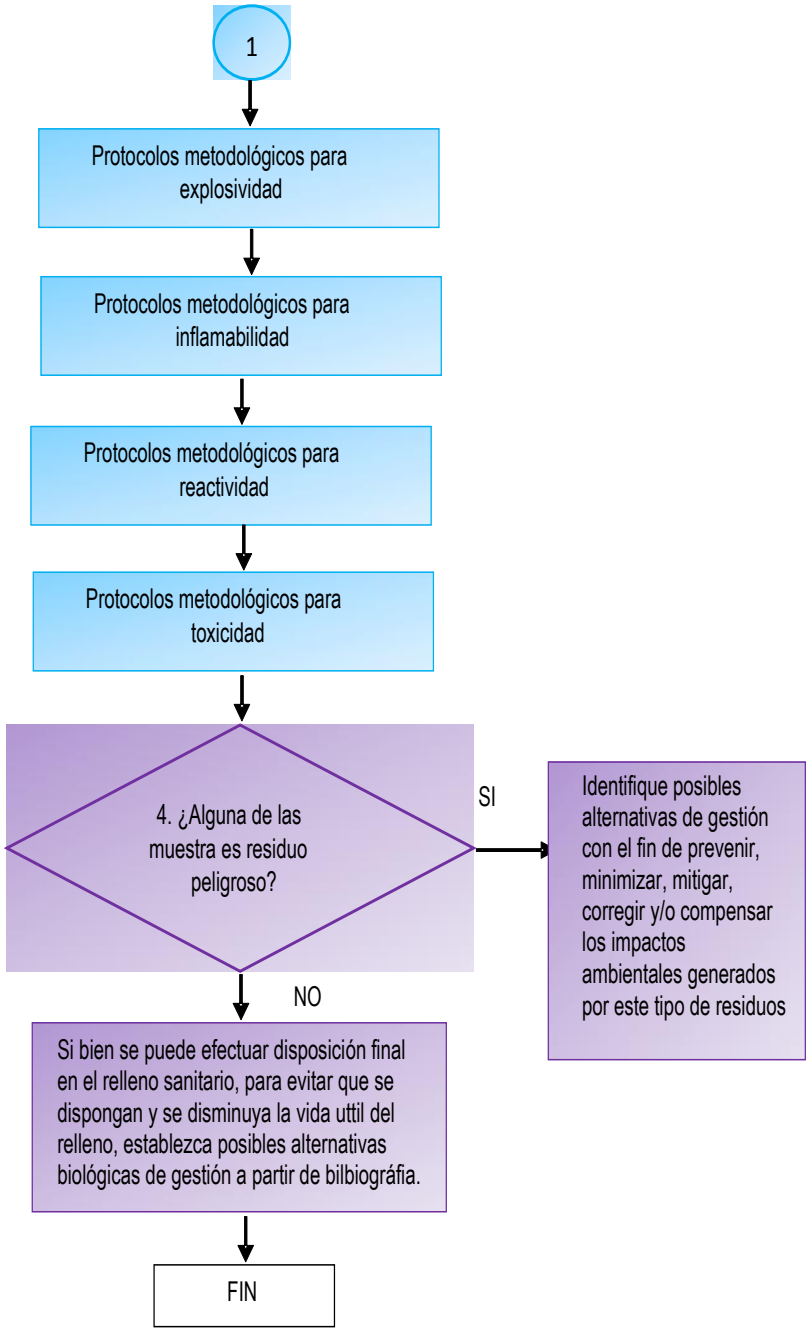
1.13.5 Características de toxicidad

Se considera residuo o desecho tóxico aquel que en virtud de su capacidad de provocar efectos biológicos indeseables o adversos puede causar daño a la salud humana y/o al ambiente. Para este efecto se consideran tóxicos los residuos o desechos que se clasifican de acuerdo con los criterios de toxicidad (efectos agudos, retardados o crónicos y ecotóxicos) (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2016).

2. Metodología

El proceso que se llevó a cabo para identificar cuales residuos contaban con características de peligrosidad se presenta a continuación:





Cada una de estas etapas serán desarrolladas a fondo en el capítulo 3.

3. Caracterización fisicoquímica

En el mes de diciembre de 2018 fue solicitada a la Secretaría Distrital de Ambiente el listado de las curtiembres ubicadas en el barrio San Benito que contaban con permiso de vertimientos a la fecha, dando como resultado cincuenta y dos curtiembres las cuales son:

Tabla 3-1. Curtiembres con permiso de vertimientos

USUARIO	NIT, CC O MATRICULA MERCANTIL	No. DE RESOLUCIÓN	FECHA RESOLUCION
CURTIEMBRES ROMA S.A.S	900694744-3	772	17/04/2017
CURTIPIELES Y SERVICIOS SAN GIL LTDA	900239005-9	56	12/01/2018
GUEVARA HERNANDEZ JOSE EDIER	79457611-1	3014	25/10/2017
CURTIDOS CATERIN	1033727970-1	2031	24/08/2017
CUEROS PINILLARBE	8728396-6	127	16/01/2018
CURTILETHER SAS	900061263-6	658	9/03/2018
BLANDON PINEDA FERNANDO	94303377-4	2015	23/08/2017
NIAMPICUEROS	80372212-1	3024	26/10/2017
CURTIEMBRES TURIN	79821757-7	785	18/03/2017
EMILIO JOSE PRIETO CASALLAS	80745423	2948	20/10/2017
CURTICARNAZAS Y SEGURIDAD INDUSTRIAL JR	79300673	3017	25/10/2017
CURTIEMBRES GALINDO	17026284	3019	26/10/2017
DARIO SANCHEZ PEÑA	6771621	2153	1/11/2013
OLGA ELIZABETH BALLEN PÉREZ	900545538-4	439	29/04/2016
PABLO EMILIO BERNAL BERNAL	314433	407	29/04/2016
JOSE DE JESUS CORREDOR PEDRAZA	826001674 - 5	1280	14/09/2016

DIEGO IVAN BOHORQUEZ NOVOA	830138927-7	2768	10/12/2015
MARIA EUDOXIA MALDONADO GUIO	1872720	239	3/02/2017
ZULMA JASBLEIDY ESPITIA GOMEZ	1398907	2293	6/11/2015
LUIS GONZALO RUBIANO VILLAMIL	1638284	2220	13/12/2016
DIOCIDES HUMBERTO MARTINEZ ALFONSO	900491514-4	1387	3/10/2016
CURTIEMBRES EL PRINCIPE	79250899-3	1593	27/10/2016
TECNO LEATHER	79742462	1520	14/10/2016
CURTIDOS BELYS	79759217	1523	18/10/2016
CURTIEMBRES FAJARDO S.A.S	4243250	2238	7/08/2014
IMPROCURTIDOS SA	900139041-5	2923	20/12/2015
HECTOR CASTRO	368057	2152	1/11/2013
INDUSTRIA DE CURTIDOS LA SABANA S.AS.	860519702-1	2393	20/09/2017
CURTIEMBRES GILBERT	79254587	2154	1/11/2013
PROCPIELES LTDA	830089109 - 8	2494	4/12/2013
JAIRO HUMBERTO ROA BUITRAGO	19209723	2047	4/07/2018
CURTIPIELES GIRAL S.A.S.	900127828-2	2128	31/10/2013
CUEROS Y TONOS	7125591	2126	31/10/2013
CUEROS TERRANOVA	79638070	1518	14/10/2016
CURTIPIELES BERLIN	80362059	1542	19/10/2016
PABLO NAVARRETE MONROY	491350	3023	26/10/2017
MARIO SUESCUN RODRIGUEZ	900337381 - 3	3554	13/12/2017
HUMBERTO VARGAS MALDONADO	79294510	1825	8/05/2018
JOHN ALEXANDER PORRAS	2637755	647	15/03/2017
CLAUDIA MARCELA DIAZ SANCHEZ	900272668 - 0	1866	22/11/2016
GEORGINA GARZON DE RAMIREZ	830043085– 1	422	19/02/2017
PEDRO ALEXANDER TORRES TORRES	900137054-1	879	6/05/2017
MILENIO PLANTA 1	79705563-9	1883	11/08/2017
MILENIO PLANTA 2	79705563-9	3020	26/10/2017
CURTIEMBRES JAIRO CAMELO	1009228-7	3018	25/10/2017
COMERCIALIADORA VICTORIA INTERNACIONAL EURO S EXPORT S.A.S	830137639-6	2949	20/10/2017

SANDRA PATRICIA CAÑON CHAPARRO	1061757	126	16/01/2018
CURTILETHER PILO	80742894-2	1284	8/05/2018
PARRA Y VELOZA Y CIALTDA	860518972 - 9	1041	16/04/2018
COMERCIALIZADORA LEVMAR	52410814-7	3087	30/10/2017
SERVIZULIAN SAS	900695074-1	472	26/02/2018
MAQUIPIELES S.A.S	900823780-3	2646	23/08/2018

Fuente. (SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE, 2018)

A partir de esta información, se efectuó la revisión documental de cada uno de los expedientes permisivos que inician con numeración 05 de las empresas y que reposan en la Secretaría Distrital de Ambiente, teniendo en cuenta la documentación radicada, la visita y el concepto técnico efectuado de cada uno y la Resolución que decidió de fondo el trámite, determinando las materias primas, insumos y reactivos utilizados en cada proceso productivo y en las plantas de tratamiento de agua residual no doméstica. La información consignada en el cuadro del anexo A (materias primas e insumos utilizados en el proceso productivo y en el tratamiento de las aguas residuales no domésticas) refleja a que procesos les fue otorgado el permiso de vertimientos, en caso de no hacer alguna parte del proceso productivo se colocó No Aplica en el mismo.

Teniendo en cuenta lo anterior, se determinó que debido a que las curtiembres que realizan un mismo proceso productivo lo efectúan con materias primas, insumos y reactivos, con características muy similares, el total de muestras necesarias para efectuar la caracterización será un total de cinco muestras, las cuales son:

1. Muestra de curtiembres que efectúan procesos básicos como pelambre y/o desencale.
2. Muestra de las que realizan procesos ácidos como curtido, recurtido y/o teñido y engrase con Cromo como insumo.
3. Muestra de las que realizan procesos ácidos como curtido, recurtido y/o teñido y engrase al tanino.
4. Muestra proveniente del tratamiento preliminar y tratamiento primario.
5. Muestra de las curtiembres que entre su tratamiento de las aguas residuales no domésticas, realizan tratamiento secundario (si aún lo realizan).

Una vez realizada la gestión documental y definido el número de muestras a caracterizar, se procedió a identificar el número mínimo de curtiembres a las que se les haría recolección mediante la ecuación estadística del tamaño de muestra que es:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{i^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

En donde:

p: Es la prevalencia esperada del parámetro a evaluar, se trabajó con 80% ya que la se validó anteriormente las materias primas e insumos utilizados por las curtiembres para poder unir las muestras.

q= 1-p

N= Es el tamaño de la población, en unidades muéstrales (52 curtiembres con permiso de vertimientos).

i= Es el margen de error que se prevé cometer y al haber diferentes variables con las que se trabajan el porcentaje de error trabajado en este caso fue de 10%.

Z= confianza fijada por el investigador en este caso se adoptó 90%=1.64 ya que se cuenta con información verídica.

Reemplazando los valores se obtuvo un total de:

$$n = \frac{52 * 1.64^2 * 0.80 * 0.20}{0.10^2 * (52 - 1) + 1.64^2 * 0.80 * 0.20} = 24$$

Teniendo en cuenta el resultado obtenido, se efectuó reunión el 15 de mayo de 2019 con uno de los directivos de la Asociación Parque Industrial Ecoeficiente de San Benito (ASOPIESB), el cual brindó una base de datos de las curtiembres que tenían permiso y pertenecían a la Asociación a las cuales se contactó por vía telefónica y/o por correo electrónico, al completar 24 interesadas se continuó con el estudio, cabe resaltar que las curtiembres que hicieron parte del estudio no se encontraban realizando el tratamiento secundario o no tenían lodo suficiente para poder hacer la caracterización, por tanto se trabajaron con las 4 muestras restantes.

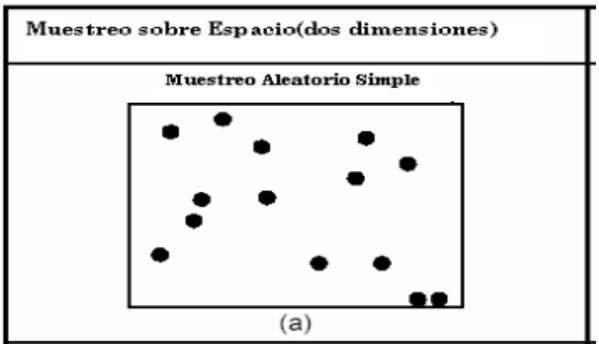
Tal como se indicó en el numeral 1.13, la caracterización se hizo con base en la Resolución 062 de 2007 del IDEAM y se trabajaron con los protocolos que aplicaban de acuerdo conl estado sólido y/o acuoso en el que se encontraba la muestra una vez efectuado su composición. Cada uno de los protocolos fue efectuado en el laboratorio de Ingeniería química y ambiental de la Universidad Nacional utilizando los equipos brindados por el laboratorio de Electroquímica y Catálisis y el laboratorio de Combustibles y Lubricantes según fuera el caso.

A continuación se indica cómo se efectuó el muestreo y los protocolos correspondientes implementados:

3.1 Muestreo

El muestreo que se utilizó fue el probabilístico ya que todos los lodos de las curtiembres que entregaron sus muestras tenían la misma probabilidad de estar incluidas en las muestras finales; el muestreo se efectuó sobre el espacio ya que los lodos se encontraban almacenados en lonas comprimidas de acuerdo con su origen, el muestreo realizado fue aleatorio simple y a partir de esto se compusieron puesto que de cada una de las bolsas se tomó un total de 30 g y fueron mezcladas de acuerdo con la corriente a la que pertenecía como se muestra a continuación:

Figura 3-1. Tipo de muestreo sobre espacio.



Fuente. (IDEAM, 2007)

Imagen 3-1. Bolsas con muestras de curtiembre

Fuente. Propia

Imagen 3-2. Separación de muestra pelambre por curtiembre

Fuente. Propia

Una vez finalizado este proceso se procedió a efectuar los protocolos con el fin de identificar si son residuos peligrosos o no de la siguiente manera:

3.2 Protocolo metodológico para Corrosividad

Para la evaluación de esta característica se efectuaron las pruebas de:

3.2.1 Determinación de pH

El pH fue determinado electrométricamente mediante un electrodo de vidrio en combinación con el electrodo de referencia, el cual había sido calibrado previamente, la medición se repitió por muestra dos veces dando los siguientes resultados:

Imagen 3-3. Ejecución de la prueba ejemplo curtido vegetal

Fuente. Propia

Tabla 3-2. Resultados obtenidos de la prueba

TIPO DE LODO	pH
PELAMBRE	8.90
	8.91
CURTIDO CON CROMO	5.45
	5.51
CURTIDO VEGETAL	5.44
	5.35
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA (PTAR)	8.34
	8.45

Fuente. Propia

Para esta prueba el residuo era considerado CORROSIVO en caso de que los resultados dieran un pH ≤ 2.0 y/o ≥ 12.5, concluyendo para esta prueba que los lodos **NO** son corrosivos.

3.2.2 Determinación reserva acido/álcali

Una vez finalizada la prueba anteriormente descrita se procedió a realizar Solución de Ácido Sulfúrico 2N y Solución de Hidróxido de Sodio 2 N, se tomaron 5 g de cada muestra y se les agregó en un vaso precipitado 50 ml de agua destilada. A partir de esto en caso de encontrarse alguna con pH menor a 4 se debía trabajar con Hidróxido de Sodio para determinar la cantidad de solución necesaria para alcanzar un pH de 4 y en caso de tener un pH superior a 10 se medía la cantidad de Ácido necesario para alcanzar un pH de 10.

No obstante, al haber hecho la mezcla de la muestra con agua destilada ninguna muestra dio menor a 4 o mayor a 10 unidades; por lo tanto, no se necesitó adicionarle ni ácido ni hidróxido a ninguna muestra ya que los pH de cada muestra fueron:

Imagen 3-4. Toma de muestra de PTAR para la prueba

Fuente. Propia

Tabla 3-3. Resultados prueba acido/álcali

TIPO DE LODO	pH
PELAMBRE	9.01
	8.96
CURTIDO CON CROMO	5.68
	5.70
CURTIDO VEGETAL	5.50
	5.64
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA (PTAR)	8.57
	8.54

Fuente. Propia

Para esta prueba el residuo era considerado CORROSIVO en caso de que se hubiera necesitado utilizar las soluciones y que los resultados arrojaran un pH ≤ 0.5 y/o ≥ 14.5,
En este caso ni siquiera se necesitó adicionarle las soluciones concluyendo para esta prueba que el residuo **NO** es corrosivo.

Teniendo en cuenta lo anterior, se pudo concluir que los lodos de los diferentes procesos productivos y de la PTAR **NO SON CORROSIVOS.**

3.3 Protocolo metodológico para Explosividad

En Colombia a la fecha ningún laboratorio se encuentra acreditado para hacer este tipo de pruebas, solo diferentes entidades a nivel nacional realizan éstas con el fin de prevenir algún tipo de amenaza de origen antrópico generado por sustancias o sólidos dejados en diferentes lugares.

Teniendo en cuenta lo anterior, en la Universidad Nacional no se cuenta con los equipos para realizarlos, no obstante, en los procesos productivos ni en las unidades de tratamiento de las curtiembres se usan sustancias fabricadas con el fin de producir una explosión o son de efecto pirotécnico como lo son: explosivos sensibles, agentes de voladura, pirotécnicos y pirofóricos (Ministerio de transporte, 2008), o las que indica (Secretaría de Seguridad Áerea, 2010), esto se puede constatar en el la tabla del anexo A del presente documento, además esta industria manufacturera no está considerada en la Resolución 081 de 2002, como uso industrial de sustancias para su uso en explosivos como sí lo son:

Tabla 3-4. Usos industriales de sustancias controladas por su uso en explosivos

USOS	INDUSTRIA
Materia prima para la fabricación de juegos pirotécnicos	Fábricas de juegos pirotécnicos
Materia prima para la elaboración de cerillas y fósforos	Industria de Fósforos
Obtención de oxígeno por descomposición	Producción de Oxígeno
Formulación de abonos agrícolas, fertilizantes, insecticidas y fungicidas	Fabricación de fertilizantes y agroquímicos
Fabricación de pólvora negra	Fabricación de pólvora
Formulación de adobos en alimentos	Industria de alimentos
Como sales de enfriamiento en diferentes procesos	Industria de aceros y cables
Coagulante de caucho natural y acelerante en la vulcanización de caucho sintético	Industria del caucho

Uso en laboratorio en investigación	Laboratorios e investigación
Materia prima producción ácido fosfórico, blanqueadores y desinfectantes	Industria química básica
Aditivo en formulación de cosméticos y fabricación de los mismos	Industria de cosméticos
Acelerante resinas fenólicas y resorcínicas	Industria de plásticos
Tratamiento del gas natural y control corrosión	Industria petroquímica
Acelerante fraguado en el cemento	Industria de la construcción
Producción de resinas alquídicas y aditivos en industrias de pinturas	Industria de pinturas, lacas y esmaltes
Aditivo para lubricantes	Industria de combustibles y lubricantes
Estabilizador en la industria del plástico	Industria de plastificantes
Otros usos	Industria farmacéutica, textil, de detergentes, de adhesivos, y química básica

Fuente. (COMANDO GENERAL DE LAS FUERZAS MILITARES, 2009)

A su vez, una vez realizados los protocolos de reactividad en donde fueron colocados los lodos en contacto con el agua no se observó ninguna mezcla potencialmente explosiva con ésta y al aumentar la temperatura a los lodos para efectuar las pruebas de toxicidad y de inflamabilidad donde la temperatura de éstos estuvo por encima de 25 °C, no se produjo una reacción o descomposición detonante o explosiva.

Por tanto se pudo constatar que las características que hace que un residuo sea explosivo, definido en el Anexo III del Decreto 1076 de 2015, Resolución 062 de 2007 y en las definiciones de la NTC 3966, para el caso de los lodos, éstos **NO CUENTAN CON CARACTERÍSTICAS DE EXPLOSIVIDAD.**

3.4 Protocolo metodológico para Inflamabilidad

En esta prueba se determinó el punto de inflamabilidad de cada una de las muestras, mediante el aumento de la temperatura y al entrar en contacto con una fuente de ignición

en un tiempo establecido, el equipo determinaba este punto sin necesidad de ningún tipo de reactivo.

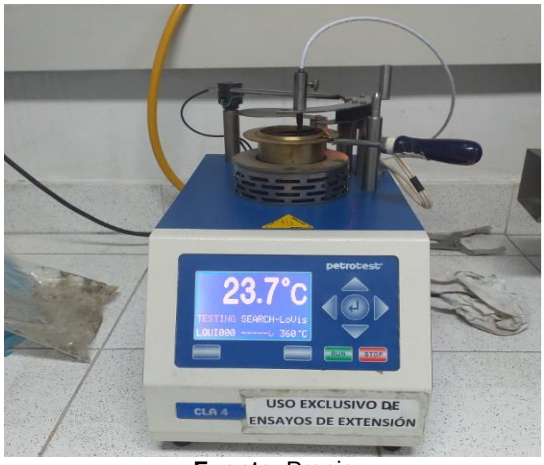
Para la prueba se introdujo en la cápsula la cantidad de muestra necesaria para alcanzar la marca que se encontraba en el interior de la misma (70ml aproximadamente), inmediatamente se colocó en el equipo e inició el calentamiento de la muestra, la aplicación de la fuente de ignición se hacía a medida que aumentaba la temperatura y se registraba la temperatura de inflamación que se indicaba en el mecanismo de medición de temperatura en el momento en que debido a la fuente de ignición se producía una llama en el interior de la cápsula de prueba y que se extendía sobre toda la superficie de la muestra.

El equipo que se encontraba en el laboratorio de combustibles y lubricantes utilizado fue el Petrotest Cleveland automático (CLA 4) con copa abierta ASTM D 92 - JIS K2265 AASHTO T48 - FTM 791-1103IP 36 (BS 4689) ISO 2592 (EN 22 592, DIN 51 376, NF T60-118), el cual mide la tendencia de una muestra de prueba a formar una mezcla inflamable con aire, sin necesidad de utilizar ningún equipo adicional. Cuando se enciende, el instrumento realiza automáticamente una autocomprobación, las muestras se establecen un tiempo y temperatura de precalentamiento para calentar y licuar la muestra a la sonda de temperatura insertada sin problemas. Además, hay un skimmer disponible para eliminar la superficie de las muestras bituminosas (PETROTEST, s.f.).

Para sustancias con puntos de inflamación desconocidos, el CLA 4 tiene un programa de modo de búsqueda especial, el cual hace que durante todo el período de calentamiento, la llama de prueba se mueva a través de la muestra a intervalos adecuados, cuenta con un sensor de presión incorporado el cual mide la presión barométrica en el lugar donde se realizan las pruebas de inflamación. Debido a la corrección automática de la presión barométrica, se mostrará el valor corregido del punto de inflamación.

Con base en la Resolución los lodos podían ser considerados **inflamables** si el punto de inflamabilidad era < 60 °C y se procedió a determinar este punto con el equipo anteriormente mencionado para cada muestra de lodos.

Imagen 3-5. Inicio de prueba en equipo



Fuente. Propia

Imagen 3-6. Valores arrojados por el equipo con correcciones para PTAR

Fuente. Propia

A partir de la prueba realizada con cada muestra se arrojaron los siguientes puntos de inflamación:

Tabla 3-5. Resultados inflamabilidad

TIPO DE LODO	PUNTO DE INFLAMACIÓN °C
PELAMBRE	89 °C
	88.9 °C
CURTIDO CON CROMO	91.3 °C
	91.3 °C
CURTIDO VEGETAL	90,0 °C
	89.9 °C
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA (PTAR)	**57 °C**
	57 °C

Fuente. Propia

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos se encontró que los lodos provenientes de la PTAR son residuos **INFLAMABLES**, los demás no cuentan con esta característica, esto posiblemente puede ser por los engrasantes, aceites, pinturas, barnices y solventes utilizados en la etapa de acabado, los cuales pueden tener conexiones las redes

hidráulicas de esta etapa con la PTAR, ya que estas aguas también deben ser tratadas previo a su vertimientos en el alcantarillado.

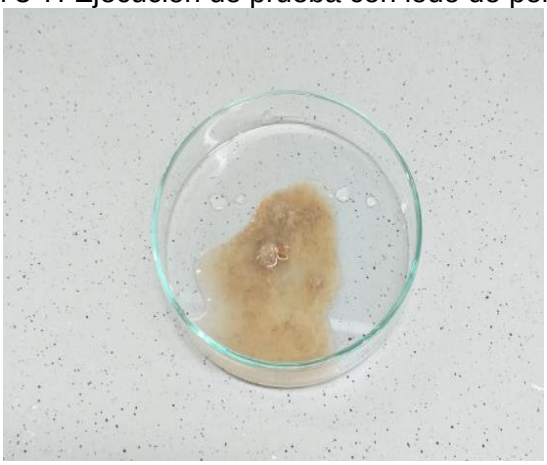
3.5 Protocolo metodológico para Reactividad

Para determinar si alguno de los lodos tenía esta característica se iba a efectuar el *"método de prueba para sólidos que pueden experimentar combustión espontánea"*, no obstante, el resultado de ésta sería bastante cualitativo y no sería tan representativo, y teniendo en cuenta los insumos con los que se contaban en los laboratorios se efectuó el *"método prueba para sustancias que en contacto con agua desprenden gases inflamables".* En éste las muestras fueron puestas en contacto con agua en diferentes etapas, con el fin de establecer si en alguna se producía el desprendimiento de gases inflamables y si estos se desprenden a una velocidad mayor a 1 L/Kg de sustancia.

3.5.1 Primera etapa

En una cubeta (se utilizó caja de Petri), se introdujo agua destilada y se depositó un poco de cada muestra por separado de aproximadamente 2 mm, a partir de esto se observó si desprendía gas, la prueba para cada lodo fue repetida 2 veces, los resultados se indican a continuación:

Imagen 3-7. Ejecución de prueba con lodo de pelambre.



Fuente. Propia

Tabla 3-6. Resultados primera etapa

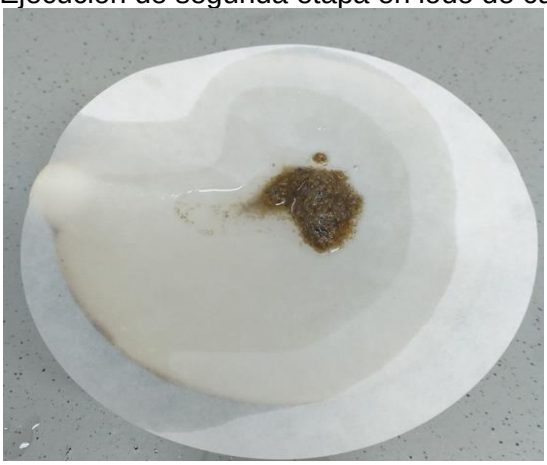
TIPO DE LODO	DESPRENDIMEINTO DE GAS
PELAMBRE	Negativo
	Negativo
CURTIDO CON CROMO	Negativo
	Negativo
CURTIDO VEGETAL	Negativo
	Negativo
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA (PTAR)	Negativo
	Negativo

Fuente. Propia

3.5.2 Segunda etapa

En esta etapa se depositó en una cápsula de evaporación agua destilada y se colocó la misma cantidad de muestra de la primera etapa sobre un papel filtro, el papel quedó extendido y se mantuvo sobre la superficie del agua en una posición fija y se observó si en alguno de los casos se producía desprendimiento de gas, obteniendo lo siguiente:

Imagen 3-8. Ejecución de segunda etapa en lodo de curtido vegetal



Fuente. Propia

Tabla 3-7. Resultados segunda etapa

TIPO DE LODO	DESPRENDIMEINTO DE GAS
PELAMBRE	Negativo
	Negativo
CURTIDO CON CROMO	Negativo
	Negativo
CURTIDO VEGETAL	Negativo
	Negativo
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA (PTAR)	Negativo
	Negativo

Fuente. Propia

3.5.3 Tercera etapa

Se toma una cantidad de muestra suficiente para formar un montículo, abriendo un agujero en la mitad y se vertieron 5 gotas de agua, a partir de estos se observó si hubo desprendimiento de gas y si éstos se inflamaron espontáneamente:

Imagen 3-9. Ejecución de prueba en lodo de PTAR

Fuente. Propia

Tabla 3-8. Resultados tercera etapa

TIPO DE LODO	DESPRENDIMEINTO DE GAS
PELAMBRE	Negativo
	Negativo
CURTIDO CON CROMO	Negativo
	Negativo
CURTIDO VEGETAL	Negativo
	Negativo
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA (PTAR)	Negativo
	Negativo

Fuente. Propia

3.5.4 Cuarta etapa

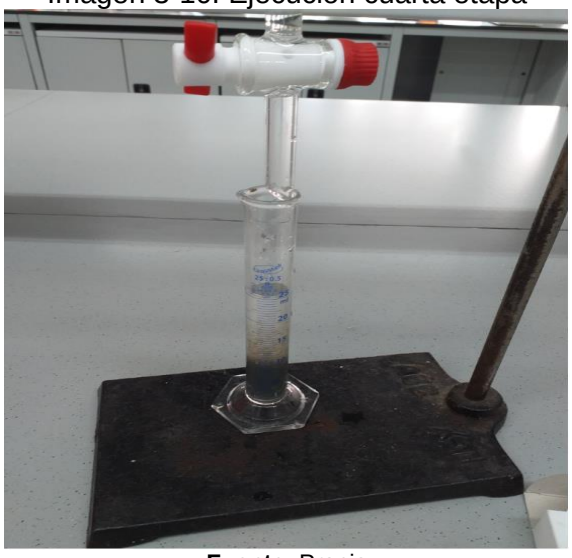
Por último se secó por completo las muestras para poderlas pulverizar con el fin de depositar de cada muestra una cantidad menor a 25 g y se registró el peso exacto de éstas, luego mediante un embudo de llave con agua se fue humedeciendo la muestra y se midió el volumen del gas desprendido junto con el tiempo que transcurre hasta que se dejan de desprender gases, esta prueba se repitió dos veces arrojando los siguientes resultados:

Tabla 3-9. Peso utilizado para la prueba

TIPO DE LODO	PESO PARA LA PRUEBA (g)
PELAMBRE	17
CURTIDO CON CROMO	6.9
CURTIDO VEGETAL	6.9
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA (PTAR)	7.0

Fuente. Propia

Imagen 3-10. Ejecución cuarta etapa



Fuente. Propia

Tabla 3-10. Resultados cuarta etapa

TIPO DE LODO	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	VOLUMEN DEL GAS DESPRENDIDO (ml)
PELAMBRE	1:22	0
	1:20	0
CURTIDO CON CROMO	2:32	0
	2:40	0
CURTIDO VEGETAL	2:35	0
	2:42	0
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA (PTAR)	1:30	0
	1:35	0

Fuente. Propia

Teniendo en cuenta los resultados de las cuatro etapas que se efectuaron en cada una de las muestras se pudo establecer que los lodos de los procesos productivos y de la PTAR **NO SON REACTIVOS.**

3.6 Protocolo metodológico para Toxicidad

Para evaluar la toxicidad de los lodos se efectuaron dos pruebas diferentes: TCLP y ensayo de inhibición de algas, se efectuaron estos ya que tienen dos enfoques diferentes, en cuanto al TCLP es utilizado para evidenciar efectos en la salud bien sea de forma directa o indirecta y se puede determinar el efecto tóxico de cada contaminante mientras que en el ensayo de inhibición se enfoca en la toxicidad producida hacia el medio ambiente específicamente en el agua en relación a todos los contaminantes que contienen los residuos. A continuación se explica la metodología utilizada en cada una y los resultados obtenidos:

3.6.1 Procedimiento de lixiviación para la característica de toxicidad – TCLP

En esta prueba se utilizaron de reactivos Ácido clorhídrico 1N, Hidróxido de Sodio 1N y Ácido acético glacial concentrado, a su vez para poder hacer la extracción se utilizaron dos fluidos diferentes que fueron:

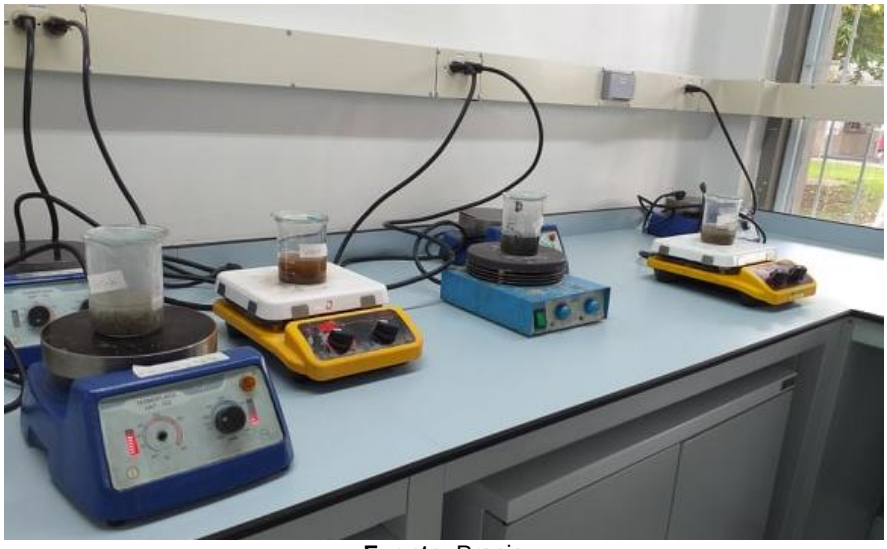
Fluido de extracción No.1: Diluir 5,7 ml de ácido acético glacial concentrado (17,5 N) en 500 ml de agua grado reactivo y adicionar 64,3 ml de NaOH 1N y aforar a un litro. El pH debe ser 4,93 ± 0,05.

Fluido de extracción No. 2: Diluir 5,7 ml de ácido acético glacial concentrado con agua grado reactivo hasta un volumen de un litro. El pH debe ser de 2,88 ± 0,05.

Para saber que fluido de extracción utilizar, fue necesario tomar 5 g de cada muestra en un beaker de 500 ml, luego se agregó 96,95 ml de agua destilada, se cubrió con un vidrio de reloj y se agitaron las muestras por 5 minutos con un agitador magnético, si el pH después de esto se registraba < a 5 se debía utilizar el fluido de extracción 1, en caso de que el pH fuese > a 5 debía agregarse 3,5 ml de HCl 1N, se calentaba la muestra hasta 50 °C por 10 minutos, al dejar enfriar la muestra si el pH era < a 5 se debía aplicar el fluido de extracción 1 y si el pH era > a 5 se aplicaba el fluido de extracción 2.

Cuando se realizó la primera parte de la prueba todas las muestras dieron un pH > 5, por esta razón se procedió a efectuarse la segunda parte arrojando lo siguiente:

Imagen 3-11. Calentamiento y agitación de las muestras



Fuente. Propia

Tabla 3-11. Fluido de extracción a utilizar

TIPO DE LODO	pH OBTENIDO	FLUIDO DE EXTRACCIÓN A UTILIZAR
PELAMBRE	6.45	Fluido 2
CURTIDO CON CROMO	4.61	Fluido 1
CURTIDO VEGETAL	3.15	Fluido 1
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA (PTAR)	4.14	Fluido 1

Fuente. Propia

Teniendo en cuenta esto se procedió a hacer las muestras y agregarles los fluidos y se hizo un blanco de cada uno de los fluidos, se localizó cada muestra en el agitador TCLP traídos directamente de la EPA en Lorton Virginia, equipo estándar para pruebas SW846 1311 para TCLP y ZHE, cada envase se cerró con fuerza ya que el equipo realizó rotaciones completas a una velocidad de 30 ± 2 rpm, durante 18 ± 2 horas, manteniendo una temperatura ambiente del 23 ± 2°C.

Imagen 3-12. Aparato de agitación rotatorio

Fuente. Propia

Imagen 3-13. Resultado de muestras después de las 18 horas

Fuente. Propia

Cada una de estas muestras fueron filtradas con papel filtro de fibra de vidrio de 0,6 a 0,8 µm, hasta que quedaron con la menor cantidad de sólidos suspendidos y se procedió a medir la concentración de metales pesados en el espectrofotómetro de absorción atómica de marca Thermo Electron, modelo solar S2, en el cual fueron puestas las lámparas de cátodo hueco que contiene cada una un cátodo cilíndrico de metal en donde se encuentra el metal de excitación y un ánodo y en el momento en que un alto voltaje se aplica a través del ánodo y el cátodo, los átomos de metal en el cátodo se excitan y producen luz con una determinada longitud de onda (Peréz, s.f.). Para cada metal el equipo efectuó la curva de calibración lineal de mínimos cuadrados, con el fin de poder determinar la veracidad de la información obtenida en cada prueba.

Imagen 3-14. Espectrofotómetro de absorción atómica

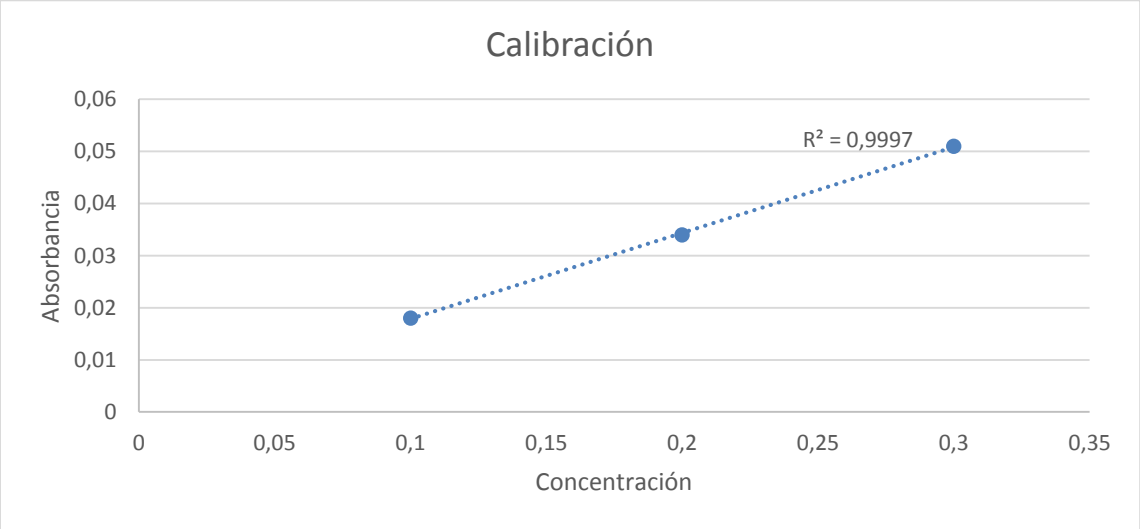
Fuente. Propia

Los metales evaluados fueron: Arsénico, Bario, Cadmio, Cromo, Plomo, Mercurio y Plata, Selenio se intentó leer tanto en el espectrofotómetro del laboratorio de ingeniería química y en el de Ambiental, no obstante, en ninguno de los dos arrojó lectura. Los resultados obtenidos de cada uno de estos se presenta a continuación:

CADMIO

Se efectuó la calibración lineal de mínimos cuadrados con concentraciones estándar de 0.1 mg/l, 0.2 mg/l y 0.3 mg/l arrojando el siguiente R^2

Gráfico 3-1. Calibración Cadmio en espectrofotómetro de absorción atómica



Fuente. Propia con base en resultados arrojados en espectrofotómetro de absorción atómica

Teniendo en cuenta esta calibración se procedió a leer este metal en cada una de las muestras:

Tabla 3-12. Cadmio obtenido en muestras

MUESTRA	CONCENTRACIÓN OBTENIDA (mg/l)	CONCENTRACIÓN MÁXIMA PERMISIBLE (mg/l) DE ACUERDO CON DECRETO 1076/2015*	CUMPLE/ NO CUMPLE
BLANCO FLUIDO 1	-0.0017	1.0	**CUMPLE**
BLANCO FLUIDO 2	-0.0051	1.0	**CUMPLE**

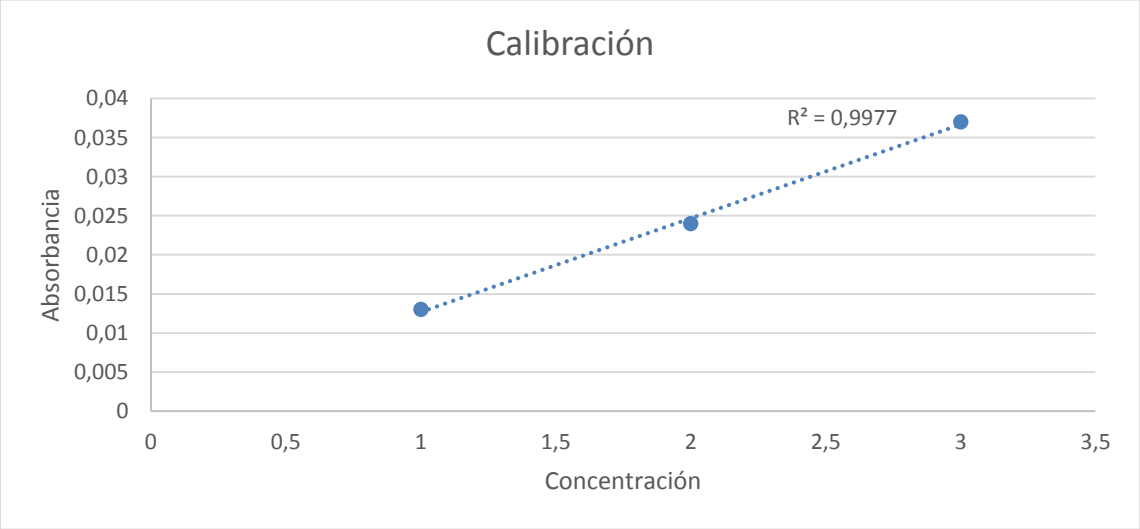
PELAMBRE	-0.0072	1.0	**CUMPLE**
CURTIDO CON CROMO	-0.0048	1.0	**CUMPLE**
CURTIDO VEGETAL	-0.0043	1.0	**CUMPLE**
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA (PTAR)	-0.0038	1.0	**CUMPLE**

Fuente. Propia con base en resultados arrojados en espectrofotómetro de absorción atómica
* Anexo III, tabla 3, Decreto 1076/2015

PLOMO

Se efectuó la calibración lineal de mínimos cuadrados con concentraciones estándar de 1 mg/l, 2 mg/l y 3 mg/l arrojando el siguiente R^2

Gráfico 3-2. Calibración Plomo en espectrofotómetro de absorción atómica



Fuente. Propia con base en resultados arrojados en espectrofotómetro de absorción atómica

Teniendo en cuenta esta calibración se procedió a leer este metal en cada una de las muestras:

Tabla 3-13. Plomo obtenido en muestras

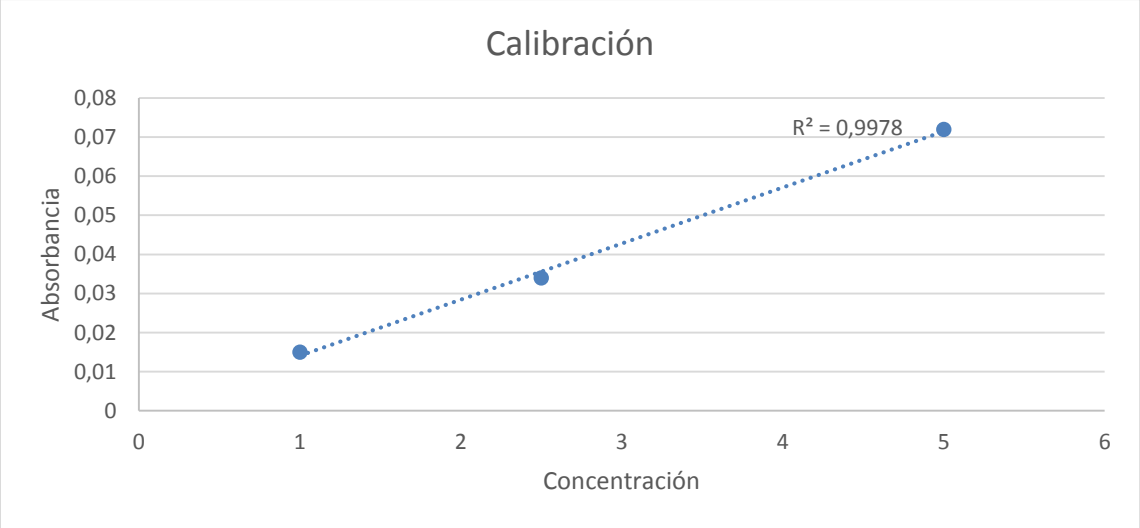
MUESTRA	CONCENTRACIÓN OBTENIDA (mg/l)	CONCENTRACIÓN MÁXIMA PERMISIBLE (mg/l) DE ACUERDO CON DECRETO 1076/2015*	CUMPLE/ NO CUMPLE
BLANCO FLUIDO 1	-0.0064	5.0	**CUMPLE**
BLANCO FLUIDO 2	-0.0230	5.0	**CUMPLE**
PELAMBRE	0.0212	5.0	**CUMPLE**
CURTIDO CON CROMO	-0.0073	5.0	**CUMPLE**
CURTIDO VEGETAL	0.0558	5.0	**CUMPLE**
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA (PTAR)	-0.0044	5.0	**CUMPLE**

Fuente. Propia con base en resultados arrojados en espectrofotómetro de absorción atómica
* Anexo III, tabla 3, Decreto 1076/2015

PLATA

Se efectuó la calibración lineal de mínimos cuadrados con concentraciones estándar de 1 mg/l, 2.5 y 5 mg/l arrojando el siguiente R^2

Gráfico 3-3. Calibración Plata en espectrofotómetro de absorción atómica



Fuente. Propia con base en resultados arrojados en espectrofotómetro de absorción atómica

Teniendo en cuenta esta calibración se procedió a leer este metal en cada una de las muestras:

Tabla 3-14. Plata obtenido en muestras

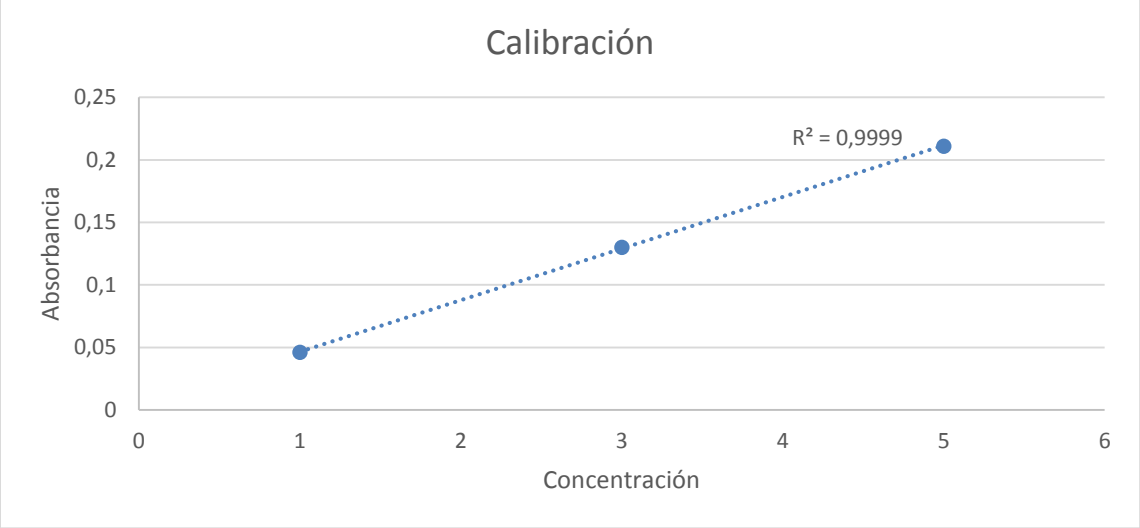
MUESTRA	CONCENTRACIÓN OBTENIDA (mg/l)	CONCENTRACIÓN MÁXIMA PERMISIBLE (mg/l) DE ACUERDO CON DECRETO 1076/2015*	CUMPLE/ NO CUMPLE
BLANCO FLUIDO 1	0.0838	5.0	**CUMPLE**
BLANCO FLUIDO 2	0.3307	5.0	**CUMPLE**
PELAMBRE	0.2887	5.0	**CUMPLE**
CURTIDO CON CROMO	0.1154	5.0	**CUMPLE**
CURTIDO VEGETAL	0.3568	5.0	**CUMPLE**
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA (PTAR)	0.2167	5.0	**CUMPLE**

Fuente. Propia con base en resultados arrojados en espectrofotómetro de absorción atómica
* Anexo III, tabla 3, Decreto 1076/2015

CROMO

Se efectuó la calibración lineal de mínimos cuadrados con concentraciones estándar de 1 mg/l, 3 y 5 mg/l arrojando el siguiente R^2

Gráfico 3-4. Calibración Cromo en espectrofotómetro de absorción atómica



Fuente. Propia con base en resultados arrojados en espectrofotómetro de absorción atómica

Teniendo en cuenta esta calibración se procedió a leer este metal en cada una de las muestras:

Tabla 3-15. Cromo obtenido en muestras

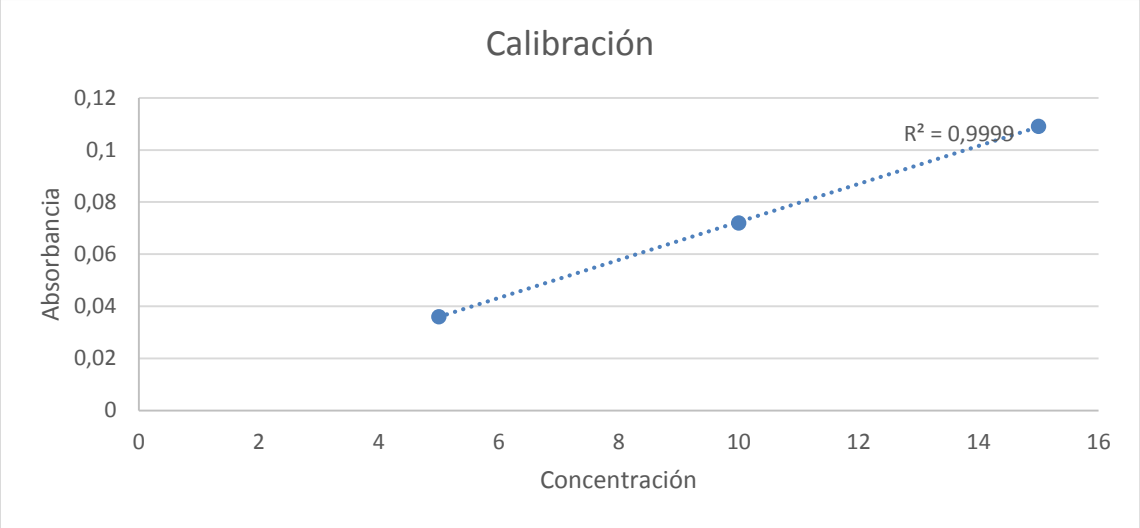
MUESTRA	CONCENTRACIÓN OBTENIDA (mg/l)	CONCENTRACIÓN MÁXIMA PERMISIBLE (mg/l) DE ACUERDO CON DECRETO 1076/2015*	CUMPLE/ NO CUMPLE
BLANCO FLUIDO 1	-0.0411	5.0	**CUMPLE**
BLANCO FLUIDO 2	-0.0148	5.0	**CUMPLE**
PELAMBRE	-0.0547	5.0	**CUMPLE**
CURTIDO CON CROMO	3.5131	5.0	**CUMPLE**
CURTIDO VEGETAL	0.1117	5.0	**CUMPLE**
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA (PTAR)	0.0114	5.0	**CUMPLE**

Fuente. Propia con base en resultados arrojados en espectrofotómetro de absorción atómica
* Anexo III, tabla 3, Decreto 1076/2015

ARSÉNICO

Se efectuó la calibración lineal de mínimos cuadrados con concentraciones estándar de 10 mg/l, 20 y 30 mg/l arrojando el siguiente R^2

Gráfico 3-5. Calibración Arsénico en espectrofotómetro de absorción atómica



Fuente. Propia con base en resultados arrojados en espectrofotómetro de absorción atómica

Teniendo en cuenta esta calibración se procedió a leer este metal en cada una de las muestras:

Tabla 3-16. Arsénico obtenido en muestras

MUESTRA	CONCENTRACIÓN OBTENIDA (mg/l)	CONCENTRACIÓN MÁXIMA PERMISIBLE (mg/l) DE ACUERDO CON DECRETO 1076/2015*	CUMPLE/ NO CUMPLE
BLANCO FLUIDO 1	0.602	5.0	**CUMPLE**
BLANCO FLUIDO 2	0.317	5.0	**CUMPLE**
PELAMBRE	2.817	5.0	**CUMPLE**
CURTIDO CON CROMO	0.069	5.0	**CUMPLE**
CURTIDO VEGETAL	0.557	5.0	**CUMPLE**

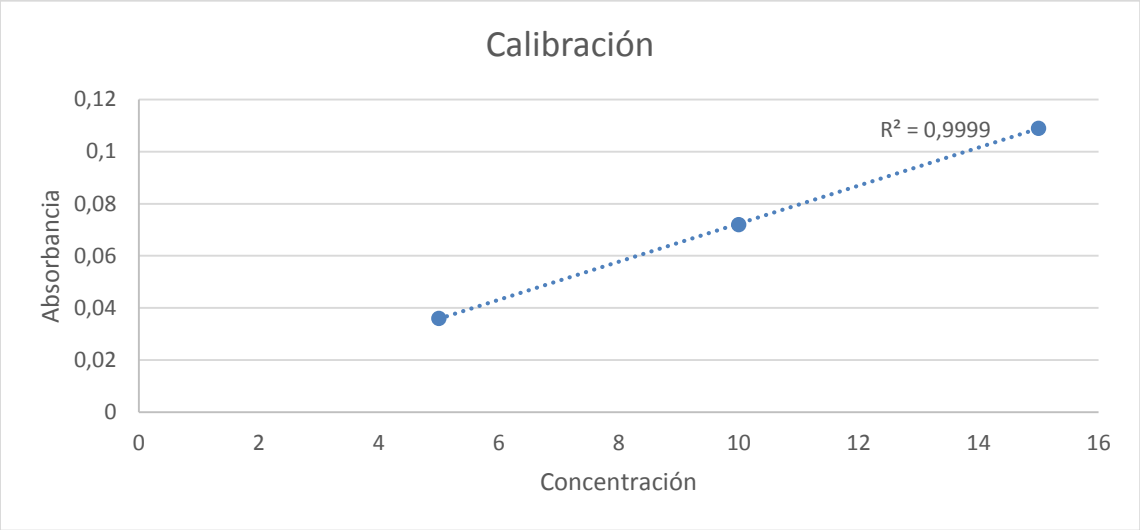
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA (PTAR)	0.355	5.0	**CUMPLE**

Fuente. Propia con base en resultados arrojados en espectrofotómetro de absorción atómica
* Anexo III, tabla 3, Decreto 1076/2015

MERCURIO

Se efectuó la calibración lineal de mínimos cuadrados con concentraciones estándar de 5 ppb, 10 ppb y 15 ppb arrojando el siguiente R^2

Gráfico 3-6. Calibración Mercurio en espectrofotómetro de absorción atómica



Fuente. Propia con base en resultados arrojados en espectrofotómetro de absorción atómica

Teniendo en cuenta esta calibración se procedió a leer este metal en cada una de las muestras:

Tabla 3-17. Mercurio obtenido en muestras

MUESTRA	CONCENTRACIÓN OBTENIDA (mg/l)	CONCENTRACIÓN MÁXIMA PERMISIBLE (mg/l) DE ACUERDO CON DECRETO 1076/2015*	CUMPLE/ NO CUMPLE
BLANCO FLUIDO 1	0.00078	0.2	**CUMPLE**
BLANCO FLUIDO 2	0.00039	0.2	**CUMPLE**

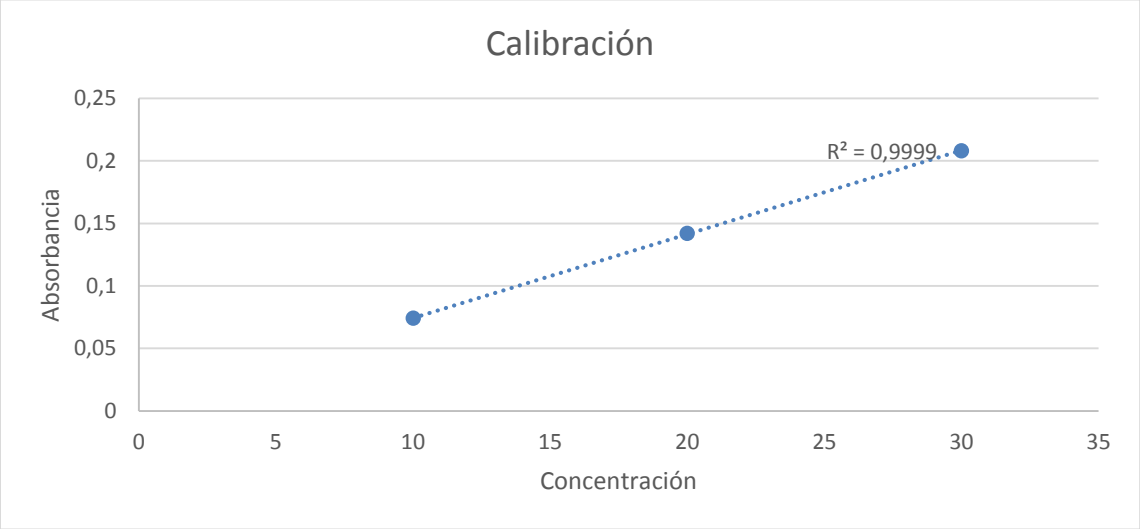
PELAMBRE	0.0011	0.2	**CUMPLE**
CURTIDO CON CROMO	0.0015	0.2	**CUMPLE**
CURTIDO VEGETAL	0.00086	0.2	**CUMPLE**
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA (PTAR)	0.00138	0.2	**CUMPLE**

Fuente. Propia con base en resultados arrojados en espectrofotómetro de absorción atómica
* Anexo III, tabla 3, Decreto 1076/2015

BARIO

Se efectuó la calibración lineal de mínimos cuadrados con concentraciones estándar de 10 mg/l, 20 y 30 mg/l arrojando el siguiente R^2

Gráfico 3-7. Calibración Bario en espectrofotómetro de absorción atómica



Fuente. Propia con base en resultados arrojados en espectrofotómetro de absorción atómica

Teniendo en cuenta esta calibración se procedió a leer este metal en cada una de las muestras:

Tabla 3-18. Bario obtenido en muestras

MUESTRA	CONCENTRACIÓN OBTENIDA (mg/l)	CONCENTRACIÓN MÁXIMA PERMISIBLE (mg/l) DE ACUERDO CON DECRETO 1076/2015*	CUMPLE/ NO CUMPLE
BLANCO FLUIDO 1	-1.3343	100	**CUMPLE**
BLANCO FLUIDO 2	-1.5577	100	**CUMPLE**
PELAMBRE	-1.5821	100	**CUMPLE**
CURTIDO CON CROMO	-1.3946	100	**CUMPLE**
CURTIDO VEGETAL	-1.3117	100	**CUMPLE**
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA (PTAR)	-1.3233	100	**CUMPLE**

Fuente. Propia con base en resultados arrojados en espectrofotómetro de absorción atómica
* Anexo III, tabla 3, Decreto 1076/2015

Una vez realizadas todas las pruebas y de acuerdo con los resultados obtenidos se puede concluir que los lodos **NO SON TOXICOS EN CUANTO A EFECTOS EN LA SALUD BIEN SEA DE FORMA DIRECTA O INDIRECTA.**

3.6.2 Ensayo de inhibición de algas

Mediante esta prueba se permite clasificar los residuos complejos como desechos peligrosos por toxicidad acuática. De acuerdo con la norma *"los desechos complejos son aquellos que contienen sustancias para las cuales no hay datos de toxicidad acuática o donde el desecho es una mezcla sin caracterizar…"*

En este ensayo se determina el porcentaje de reducción de crecimiento y reducción de la tasa de crecimiento de una especie de alga verde unicelular con 100% de la fracción ajustada de agua (WAF) del desecho contra un control. Si el porcentaje de inmovilización es ≥ 50% el desecho debe ser clasificado como ecotóxico. Cabe agregar que si el resultado da una reducción ≥ 50%, los lodos deberán ser considerados como ecotóxicos,

en aproximadamente 72 horas se puede encontrar el resultado, en donde al menos cada 24 horas se debe medir la inhibición en el crecimiento en relación al cultivo de control. Esta prueba fue efectuada con ayuda del laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional con la siguiente metodología:

Se entregaron las mezclas de los cuatro tipos de lodos, se tomaron 100 mg de cada muestra en 1 l de solución de disolución y las pruebas se efectuaron con el organismo Selenastrum capricornutum (Nombre actual: Pseudokirchneriella subcapitata) con un número de organismos iniciales por réplica de 10000 células/ml y el número de organismos fue contado durante 72 horas, a partir de esto se obtuvieron los siguientes resultados:

CURTIDO VEGETAL:

De acuerdo con la Resolución 0062, 2007 del IDEAM, la muestra analizada al 100% **SI** se considera ECOTÓXICA, ya que la inhibición de la densidad celular fue mayor a 50%, aunque la inhibición de la tasa de crecimiento no alcanzó al 50%.

CURTIDO AL CROMO:

De acuerdo con la Resolución 0062, 2007 del IDEAM, la muestra analizada se considera **NO** ECOTÓXICA.

PELAMBRE:

De acuerdo con la Resolución 0062, 2007 del IDEAM, la muestra analizada **SI** se considera ECOTÓXICA.

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA:

De acuerdo con la Resolución 0062, 2007 del IDEAM, la muestra analizada se considera **NO** ECOTÓXICA.

Para constatar cómo se efectuó este análisis en cada una de las muestras y los resultados cuantitativos éstos se encuentran en el anexo B “Resultados prueba inhibición de algas”.

A partir de las pruebas anteriormente descritas se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 3-19. Resultados caracterización fisicoquímica

PROTOCOLO	PRUEBA	TIPO DE LODO	RESULTADO
CORROSIVIDAD	**DETERMINACIÓN DE pH**	PELAMBRE	**NO** es corrosivo
		CURTIDO CON CROMO	**NO** es corrosivo
		CURTIDO VEGETAL	**NO** es corrosivo
		PTAR	**NO** es corrosivo
CORROSIVIDAD	**DETERMINACIÓN RESERVA ACIDO/ÁLCALI**	PELAMBRE	**NO** pH menor a 4 o mayor a 10 por lo que no se necesitó la prueba
		CURTIDO CON CROMO	**NO** pH menor a 4 o mayor a 10 por lo que no se necesitó la prueba
		CURTIDO VEGETAL	**NO** pH menor a 4 o mayor a 10 por lo que no se necesitó la prueba
		PTAR	**NO** pH menor a 4 o mayor a 10 por lo que no se necesitó la prueba
EXPLOSIVIDAD			**NO APLICA** por justificación técnica
INFLAMABILIDAD	**PUNTO DE INFLAMABILIDAD**	PELAMBRE	**NO** inflamable
		CURTIDO CON CROMO	**NO** inflamable
		CURTIDO VEGETAL	**NO** inflamable
		PTAR	**INFLAMABLE**
	PRIMERA ETAPA:	PELAMBRE	**NO** reactivo

REACTIVIDAD: PARA SUSTANCIAS QUE EN CONTACTO CON AGUA DESPRENDEN GASES INFLAMABLES		CURTIDO CON CROMO	**NO** reactivo
		CURTIDO VEGETAL	**NO** reactivo
		PTAR	**NO** reactivo
	SEGUNDA ETAPA:	PELAMBRE	**NO** reactivo
		CURTIDO CON CROMO	**NO** reactivo
		CURTIDO VEGETAL	**NO** reactivo
		PTAR	**NO** reactivo
	TERCERA ETAPA:	PELAMBRE	**NO** reactivo
		CURTIDO CON CROMO	**NO** reactivo
		CURTIDO VEGETAL	**NO** reactivo
		PTAR	**NO** reactivo
	CUARTA ETAPA	PELAMBRE	**NO** reactivo
		CURTIDO CON CROMO	**NO** reactivo
		CURTIDO VEGETAL	**NO** reactivo
		PTAR	**NO** reactivo
TOXICIDAD	**TCLP**	PELAMBRE	**NO** tóxico
		CURTIDO CON CROMO	**NO** tóxico
		CURTIDO VEGETAL	**NO** tóxico
		PTAR	**NO** tóxico
	ENSAYO DE INHIBICIÓN DE ALGAS	PELAMBRE	**ECOTÓXICA**
		CURTIDO CON CROMO	**NO ECOTÓXICA**

		CURTIDO VEGETAL	**ECOTÓXICA**
		PTAR	**NO ECOTÓXICA**

Fuente. Propia

4. Alternativas de gestión

Al obtener los resultados de la caracterización fisicoquímica se logró evidenciar que tres de las cuatro muestras cuentan con características de peligrosidad y por esta razón este capítulo se centró en la búsqueda de nuevas alternativas de gestión que sean amigables con el medio ambiente y contribuyan en el aspecto social y económico. A continuación se indican las alternativas encontradas a nivel mundial sobre la gestión de los lodos de las curtiembres.

4.1 Alternativas biológicas

4.1.1 Biolixiviación

(Hongrui, y otros, 2017) hablan acerca de la biolixiviación que se está implementando como una forma exitosa y rentable de eliminar el Cr (III), en donde éste puede ser solubilizado mediante la acidificación impulsada por especies Acidithiobacillus ferrooxidans y / o Acidithiobacillus thiooxidans, las cuales hacen que se genere un bioleacado el cual puede volverse a utilizar en el proceso de curtido y el lodo residual puede ser aprovechado como acondicionador y fertilizante en la tierra ya que se elimina hasta el 95.6% de esta sustancia, disminuyendo los costos ya que se necesitaría menos compra del insumo químico. Cabe agregar que en el proceso se generó una gran cantidad de sulfuros, sólidos en suspensión y materia orgánica disuelta, por lo que es necesario efectuar un tratamiento de aireación antes de volverse a utilizar en el proceso productivo, esta aireación se realizó por dos días usando una bomba de aire no comprimida y luego en una prueba efectuada para la curtición de la piel fue utilizada el bioleacado y se encontró que la resistencia de la piel fue mayor que la curtida con cromo normal.

Por su parte (Zeng, y otros, 2019) también utilizaron una comunidad microbiana enriquecida (Oxidantes de azufre Acidithiobacillus (79.05%) y Sulfobacillus (20.35%) géneros dominantes) para probar la biolixiviación y se estudiaron efectos en la temperatura, contenido de sólidos, oxígeno disuelto, pH (debido a que este debe ser ácido para el proceso) y la cantidad de ácidos inorgánicos, los lodos se encontraban a 4°C antes de que se usaran, se hicieron pruebas con dos lodos uno usando matraces y otro con reactores de tanque agitado, encontrando que la mayor tasa de rendimiento fue con los matraces de 6.82 g/l/d, con un total de sólidos del 6% y usando una relación de alimentación de 0,5 (relación entre lodos y comunidad microbiana) mientras que con el tanque agitado continuo no se produjo una tasa satisfactoria.

4.1.2 Compostaje

El compostaje puede ser un proceso biológico alternativo para el reciclado y la descomposición de los lodos antes de ser utilizado agrícolamente, de acuerdo con un estudio efectuado por (Lima Miranda, y otros, 2018) se identificó la estructura y la diversidad de comunidades bacterianas en suelos donde se habían aplicado lodos de curtiembre durante 7 años, debido a que las comunidades son fundamentales en procesos ecológicos importantes como el ciclo de los nutrientes y son reconocidos como indicadores sensibles de la salud del suelo y las perturbaciones antropogénicas. Como resultados se encontró que seis géneros bacterianos aumentaron después de haberse aplicado los lodos y que si bien alteran la diversidad bacteriana y la similitud de la comunidad, permiten seleccionar grupos bacterianos específicos capaces de resistir y biodegradar contaminantes.

En la investigación efectuada por (Haroun, Idris, & Syed Omar, 2007) se encontró que los lodos del pelambre estaban relativamente libres de contaminación, con alto contenido de nitrógeno, y los niveles de cromo detectados en la muestra sugieren que el cabello también fue contaminado de forma cruzada por las corrientes de desechos en una etapa posterior del proceso, lo que otorga al cabello un gran potencial para su reutilización como fuente de nitrógeno fuente en el compost mezclado generado a partir de lodo de desecho de lana, desechos de madera triturada y pelo de curtiembre.

El cromo (Cr) es un elemento natural que se encuentra en rocas, suelos y plantas. Debido a su baja solubilidad, solo un poco de cromo es biodisponible, lo que significa que incluso cuando los cultivos se dan en suelos tratados con lodo relativamente alto en Cr, rara vez se observa fitotoxicidad (Alloway, 1990). Mediante este estudio se tuvo como objetivo realizar una investigación preliminar sobre el destino de Cr, Zn, Cu, Pb y Cd como elementos potencialmente tóxicos en todo el compostaje de lodo de curtiembre.

Las proporciones utilizadas para 400 Kg de compost fue: lodo (200 kg), aserrín (100 kg), estiércol de pollo (60 kg), melaza (2 L) y salvado de arroz (40 kg) en una pila. Las pilas tenían 2,5 m de diámetro y 1,5 m de altura y se dejó durante 50 días debido a las condiciones climáticas de Malasia, con un 60% de humedad y una relación C/N: 30 y se usó una aireación mecánica, se tomaron 8 muestras después de determinado tiempo, cada una se secó durante 10 días y luego la muestra se molió para hacer las pruebas.

La disminución de las cantidades de metales pesados depende de la pérdida de metales por lixiviación en el transcurso del compostaje, en los resultados se obtuvo que la concentración de cadmio en el compost disminuyó en un 38.5%, de manera similar, el Cr, Pb, Zn y Cu mostraron una reducción en las concentraciones generales de 33.3%, 31.2%, 11.8% y 22.6%, respectivamente. Esto puede concluir que el compostaje es una alternativa viable para los lodos del proceso de curtido.

En cuanto a calidad de los cultivos donde se enmendó el suelo con lodos de curtiembre (Barbosa Rocha, y otros, 2020) evaluaron la comunidad bacteriana en nódulos de frijol caupí y frijol lima cultivados en suelos con tasas bajas y altas de cromo, las muestras de suelo recolectadas fueron entre 0 y 20 cm de profundidad en suelos que se les había aplicado lodos durante ocho años, éstos fueron compostados durante 90 días antes de haber sido aplicados en el suelo, en el suelo se aplicaron 0, 2.5, 5, 10 y 20 Mg por hectárea. Las semillas se sembraron en 5 kg de suelo de cada tratamiento, se hicieron tres repeticiones, cinco días después de la germinación, se dejó de a una planta por maceta y se regaron diariamente con agua esterilizada para mantener la humedad del suelo en 80% y luego se recogieron después de 35 y 45 días respectivamente cuando florecieron y fueron inmersas en 70% (v/v) de etanol, por un minuto, luego se remojaron en hipoclorito de sodio

por tres minutos y por último se pasaron seis veces por agua esterilizada, al finalizar se extrajo 0.5 g de ADN del nódulo y 0.5 g de suelo.

El estudio arrojó que las especies bacterianas en caupí fueron mayores que en la de los frijoles. El microbioma de los nódulos estaba dominado por Proteobacterias (97,6%), seguido de Actinobacterias (1,1%) y Firmicutes (0,4%). El grupo bacteriano dominante en los nódulos fue Bradyrhizobium, que representa > 90% de las secuencias. La predicción funcional mostró 26 grupos, con las funciones centrales representadas por quimioheterotrofia (32.3%), seguidas por quimioheterotrofia aeróbica (32%), nitrificación (12.7%) y oxidación de amoníaco (11.2%) y se pudo establecer que la población microbiana no se vio afectada por haber sido enmendado el suelo con estos lodos y que entre más rico de cromo aumentó la abundancia de secuencias asociadas a la oxidación y nitrificación de amoníaco aeróbico en los nódulos.

4.1.3 Vermicompostaje

El vermicompostaje es otra de las estrategias utilizadas para tratar los lodos de las curtiembres de acuerdo con (Pal Vig, Singh, Hussain Wani, & Singh Dhaliwal, 2011), reveló que el papel de la lombriz en la conversión de lodo de curtiembre en un producto valioso es fundamental, debido a que si solo se le daba lodo a la lombriz moría fácilmente, éste fue mezclado con estiércol de ganado en proporciones 0: 100 (T0), 10:90 (T10), 25:75 (T25), 50:50 (T50) y 75:25 (T75) en peso seco respectivamente, el peso de cada bandeja se mantuvo en 1 Kg, las mezclas se movieron durante 20 días cada 24 horas, después de 20 días se introdujeron 20 de la especie E. fetida no clietiladas en cada bandeja, la humedad se mantuvo de 60 a 70%, lombrices de tierra, los capullos y crías se clasificaron y contaron manualmente y luego se volvieron a colocar en las bandejas después del muestreo. La acumulación poblacional, la apariencia del clitelo, la tasa de producción de capullos, el número de crías y los parámetros físico-químicos se tomaron como indicadores de la idoneidad de las mezclas de alimento para las lombrices. Al final las muestras se tamizaron se secaron al aire y se almacenó en bolsas plásticas para su caracterización

Como resultado la mortalidad mínima y la mayor acumulación de lombrices fue en la T0, seguido del T10 y T25 El nitrógeno, el sodio, el fósforo y el pH aumentaron desde la inicial

en el rango de 7.3-66.6%, 16.90-70.58%, 8.57-44.8% y 2.8-13.65%, respectivamente. Por otro lado, el potasio, el carbono orgánico y la conductividad eléctrica estuvieron en el rango de 4.34-28.5%, 7.54-22.35% y 32.35-53.12%, respectivamente. La relación C: N estuvo de 20.53% a 47.36% en los productos finales. Un dato muy significativo teniendo en cuenta que en el estudio realizado por (Montealegre Garzón & Loaiza Cordero , 2015) se evidenció que teniendo unas relaciones de C: N de 20:1 y 25:1 se cumple con todos los parámetros expuestos en la NTC 5167-2011.

Por su parte (Santos, Nunes, Melo, & Araújo, 2011) investigaron las tasas de enmienda del compost en suelos arenosos y arcillosos brasileños a tasas de 0 (control), 7.5, 15, 30 y 60 Mg ha^{-1} (equivalente a 0, 0.3, 0.6, 1.2 y 2.4 g por 100 g de suelo, respectivamente), incubadas a 28 °C durante 60 días. La biomasa microbiana, la respiración del suelo y las actividades enzimáticas se evaluaron a los 15, 30 y 60 días después de la incubación. El compost se produjo con lodo, un material estructurante (paja de caña de azúcar y estiércol de ganado) mezclado en la proporción 1: 1: 3 (lodo: caña de azúcar: estiércol de ganado). El tamaño de la pila era de 2 m de largo por 1 m de ancho por 1.5 m de alto.

Como resultado se encontró que no hubo efectos negativos o positivos por la aplicación de 7.5 Mg ha-1 en las enzimas del suelo. Los resultados de este estudio sugieren que el lodo aumentó la biomasa microbiana del suelo y la actividad cuando se modificó a una tasa baja y aumentó la producción de CO_2. Por otro lado, la enmienda con el lodo, en todas las tasas, no afectó negativamente a los microorganismos del suelo y sus actividades.

4.1.4 Codigestión

La codigestión de los lodos activados generados del tratamiento de las aguas residuales no domésticas de curtiembres sirven para la generación de biometano, esto fue estudiado por (Mpofu, Oyekola, & Welz, 2019), en donde mezclándolos con estiércol de vaca y los lodos proveniente de unidades de tratamiento previo y primario (pantallas, depósito de ecualización, tanque de sedimentación primaria) se recogieron durante 12 meses en contenedores herméticos, al llegar fueron homogenizadas y se extrajeron alícuotas y las demás fueron congeladas hasta que se requerían, se realizó una proporción volumétrica de 1:2:2:2 (estiércol de vaca predigerido, lodos de la planta, y lodos de aguas residuales

de cervecería. De estos se determinó la biodegradabilidad anaeróbica y el potencial de biometano. Con el estudio se encontró que esta mezcla si es viable para la producción limpia, la generación de biogás y la reducción de residuos sólidos generados ya que se obtuvo un rendimiento de 215 mlCH_4 /g de lodos y una biodegradabilidad del 55.7% de lodos, 45.5% de sólidos totales y 48.2% de demanda química de oxígeno, logrando un rendimiento de hasta el 156% de CH_4.

4.2 Alternativas Térmicas

4.2.1 Incineración.

(Kavouras, y otros, 2015) indican que al incinerar los lodos se reduce el contenido orgánico del lodo, los posibles riesgos para la salud que presentan los microorganismos patógenos que lo contienen, disminuye significativamente el volumen final de los residuos y como resultado el área demandada para el vertido, se logra la recuperación de energía debido al contenido orgánico y se puede recuperar el cromo mediante la estabilización / solidificación con el método de vitrificación y / o el uso de varios aditivos. Con el fin de que el Cr (III) se oxide en Cr (VI) sustancia altamente cancerígena se debe efectuar la combustión con una temperatura de mínimo 800°C dentro de una matriz de gel en cemento.

4.2.2 Co combustión y co procesamiento

Por su parte (Dong, Jiang, Guojun, Chi, & Yan, 2015) hablan acerca de la co combustión en lecho fluidizado de los lodos como alternativa de gestión, ésta se realizó con carbón bituminoso en calderas de lecho fluidizado en una planta de energía en China y el comportamiento de la combustión fue evaluado mediante un análisis termográvimetrico.

Una vez realizado el estudio y teniendo en cuenta que los lodos cuentan con un 80% de humedad se les realizó un pre secado en donde se redujo ésta al 40%, luego este se mezcló con el combustible auxiliar, la salida de los gases contaba con un ciclón, precipitador electroestático y un filtro de bolsa para minimizar la concentración de material particulado y también se tenía un filtro de carbón activado para disminuir las dioxinas y

metales pesados para que finalmente el gas ácido (HCl, HF y SO2) se trató con un depurador de gas húmedo.

Como resultado se obtuvo que los lodos de curtiembre eran más reactivos que los de carbón y al efectuarse el control de gases nocivos únicamente en NOx incumplía con los estándares chinos, tanto con monocombustión como con combustión (el cual fue generado por el nitrógeno del combustible), se analizaron las concentraciones de siete oligoelementos (As, Cr, Cd, Ni, Cu, Pb, Mn) en tres flujos de cenizas de salida para las dos muestras y se encontró que el cromo en las cenizas de los lodos de las curtiembres se enriquecían con cenizas volantes, el resto de oligoelementos tenían las mismas características y cumplieron con la normatividad China.

El efecto de la adición de lodos de curtiembre en un horno rotatorio de co procesamiento de cemento fue evaluado por (Shen, y otros, 2017), el cemento y la pasta de cemento fue evaluada en cuanto a calidad, caracterización del clincker y toxicidad, la combustión es una muy buena alternativa teniendo en cuenta que con las altas temperaturas prácticamente se destruyen materiales orgánicos en los lodos. La piedra caliza, la arcilla, la escoria de cobre y la pizarra, que son materias primas tradicionales para la producción de cemento en China, se secaron a 105 ° C a peso constante y se molieron a una malla en un molino de bolas.

Como resultado que la cantidad de lodo agregado de hasta 0,7% de la composición de la alimentación no tuvo efecto perjudicial sobre la calidad del cemento resultante, la concentración de Cr en el lixiviado se encontró muy por debajo del límite reglamentario (5mg/l), mostrando que si es una buena metodología para utilizar los lodos de la curtiembre y que la cantidad de aditivos y el uso de diferentes puntos de adición para el lodo de la curtiduría no perjudicaron la calidad técnica del clinker o cemento y más del 90% de los metales pesados de baja volatilidad (Cr y Cu) se inmovilizaron en los clinkers y no se vieron afectados por la posición de los puntos de adición. Se concluye que los lodos de las curtiembres deben agregarse en el punto de adición del horno de descomposición para disminuir la lixiviabilidad del cromo en las muestras de clinker cuando utilizando un horno rotatorio para el coprocesamiento de este desecho.

4.3 Alternativas físicas

(Montañés, Sánchez-Tovar, & Roux, 2014) hablan de la estabilización / solidificación que usan aglutinantes y aditivos para reducir la movilidad y la toxicidad de los contaminantes contenidos en los desechos, y generan un producto final que puede reutilizarse o depositarse en vertederos, la estabilización es una técnica que reduce químicamente el potencial de riesgo de un residuo convirtiendo los contaminantes en formas menos solubles, móviles o tóxicas, mientras que en la solidificación se encapsulan los desechos, forman un material sólido y no implican necesariamente una interacción química entre los contaminantes y los aditivos de solidificación. El producto de solidificación puede ser un bloque monolítico, un material de tipo arcilloso, partículas granulares o alguna otra forma física comúnmente considerada sólida. Para este proceso como sustancia aglutinante se puede utilizar en procesos orgánicos (asfaltos o polímeros tales como poliésteres, resinas epoxídicas y poliolefinas) e inorgánicos (cemento lima, yeso o zeolitas).

Durante este estudio se determinó la toxicidad del lixiviado al agregarle a los lodos tres tipos de cemento (el normal que se usa para preparar hormigones y morteros ordinarios, el segundo con cenizas volantes de plantas de energía y el tercero puzolanas naturales de canteras), para obtener el contenido de cromo se realizó una digestión ácida usando ácido sulfúrico 0,5 M antes del análisis elemental, obteniendo que con la mezcla de cemento resulta ser efectivo y no causa una dilución del lodo solamente, la retención del cromo disminuye levemente a medida que aumenta la cantidad de cemento al igual que al aumentar la cantidad relativa de agua, los valores de toxicidad muestran niveles mínimos con cemento sin adiciones o con ceniza volante y el cemento sin adiciones parece ser más apropiado a pesar de ser más costoso.

Otros autores como (Pantazopoulou, & Zouboulis, 2017) efectuaron la estabilización de los lodos mezclándolos con escoria de horno de cuchara (proveniente de la etapa final del proceso de refinación de acero), organoarcilla (aditivo de estabilización comercial típico disponible) y agua desionizada en diferentes proporciones con el fin de estudiar la estabilización de cromo y compuestos orgánicos, las mezclas se dejaron envejecer durante una semana y luego se midieron diferentes características a sus lixiviados. Esto con el fin de minimizar el riesgo de contaminar el suelo y las aguas superficiales y subterráneas, se hicieron proporciones de 50:50, 40:60, 30:70 y 20:80 (lodos: escoria) y 30:50:15, 35:45:20,

35:40:25, 30:55:15, 30:50:20 y 30:45:25 (lodos: escoria: arcilla) con una humedad entre 11 y 14% en peso.

Se ha demostrado que un aumento en el pH causa un aumento en la fijación de los metales por los suelos (Papadimitriou et al., 2008). Los valores de pH bajos (ácidos) pueden causar reacciones más intensas y pueden transportar constituyentes disueltos de la fase sólida en los lixiviados, mientras que los altos Los valores de pH (alcalino), en la mayoría de los casos, pueden reducir la solubilidad de varios componentes, incluidos los metales (Jing et al., 2006).

Como resultado los lodos a los que se les agregó escoria de horno de cuchara mostró concentraciones de cromo por debajo del límite máximo permisible respecto a la regulación, pero el carbono orgánico disuelto no alcanzó el valor límite respectivo, cuando se hizo la proporción 30:50:20 (lodos: escoria: organoarcilla) presentó que las dos concentraciones tenían valores de DOC 760 mg / kg y un valor total de Cr de 1,2 mg / kg, siendo inferiores a los de la regulación que son de 10 mg / kg y 800 mg / kg, respectivamente, disminuyendo sus concentraciones aproximadamente del 32% y 90% respectivamente; a su vez al efectuarles prueba de ecotoxicidad, encontró que la mezcla presentaba una ecotoxicidad reducida entre 26% y 31%, en comparación con los lodos sin ningún tratamiento que era de hasta 42%.

El lodo deshidratado fue implementado por (Della Zassa, Zerlottin, Refosco, Santomaso, & Canu, 2015) en sus estudios en donde el factor clave es el método de transferencia de calor (convectivo o conductivo), manteniendo un entorno con poco oxígeno con el fin de evitar explosiones no deseadas. En el estudio se cuantificaron las oportunidades para mejorar la compactación de los lodos de la PTAR de este proceso productivo y reducir la permeabilidad al aire y a la humedad. El estudio concluyó que si es posible reducir en tamaño hasta 2/3 parte del tamaño original, la auto compactación reduce el peligro de auto calentamiento debido a las reacciones con aire y humedad, lo que produce también un ahorro neto del 25% en el costo actual de la disposición.

Para evaluar los efectos de un proceso de pretratamiento compuesto por estabilización aeróbica, compactación y secado, para un vertido sostenible de lodo de curtiembre

(Alibardi & Cossu, 2016), para esto se mezclaron lodos de curtiembres deshidratados, lodo secado térmicamente y compost proveniente de jardines y lodos de una PTAR municipal, una muestra tenía 65% de lodo húmedo, 35% de lodo seco, otra de 60 y 40% respectivamente y se utilizó el compost como inóculo de microorganismos aeróbicos para acelerar el proceso de estabilización aeróbica.

Luego de analizar las muestras se encontró que la estabilización aeróbica permitió reducir la masa de los materiales, la biodegradabilidad y el contenido de nitrógeno. El proceso de compactación y secado permitió una mayor reducción de la masa y el volumen de los materiales y la biodegradabilidad del lodo tratado. Los resultados también demostraron una lixiviación reducida de compuestos orgánicos e inorgánicos del lodo tratado. El proceso de pretratamiento podría permitir ampliar el tiempo de vida del relleno debido a la menor cantidad de lodo de la curtiduría que se eliminará, minimizar las emisiones a largo plazo del relleno y obtener un estado de sumidero de carbono para el vertido de lodo.

4.3 Elaboración de nuevos productos

4.3.1 Ladrillos y geopolimero

En Bangladesh (Islam Juel, Mizan, & Ahmed, 2017) se crearon ladrillos con los lodos de la PTAR de las curtiembres, se prepararon ladrillos de arcilla (longitud 12 cm, ancho 6 cm y altura 3,5 cm) con diferentes proporciones de lodo (10%, 20%, 30% y 40% en peso seco) en condiciones de campo y controladas por laboratorio y se evaluó su idoneidad como material de construcción en función de su resistencia , absorción de agua, contracción, pérdida de peso en el encendido, densidad aparente y evaluaron que no generara ambientes nocivos a largo plazo.

Como resultado se obtuvo que usando lodo se podría lograr un ahorro de energía del 15-47% de 10 a 40% de las proporciones de lodo, se encontró que el comportamiento de lixiviación de varios metales pesados (Cr, As, Cu, Ni, Cd, Pb y Zn) de los ladrillos con lodo es insignificante y está muy por debajo de las regulaciones holandesas y los límites regulatorios de USEPA, a su vez se concluyó que los lodos si se pueden estabilizar de manera sostenible en ladrillos de arcilla teniendo en cuenta que los ladrillos siguen siendo

un material de construcción dominante. La concentración de cromo lixiviado fue de 0.161 mg / m2, 0.345 mg / m2, 0.290 mg / m2 y 0.499 mg / m2 para 10%, 20%, 30% y 40% de ladrillos respectivamente.

Otro estudio realizado por (Jin, Lian, Xia, & Wang, 2018) habla acerca de que el lodo de curtiembre fue utilizado como material de reemplazo parcial como geopolimero al mezclarlo con metacaolín (obtenido del calcinamiento de caolín a 800 °C durante 2 horas su principal componente es aluminosilicato de fase amorfa) y activadores alcalinos (disolución entre hidróxido de sodio y en silicato de sodio, después de determinar los porcentajes de cada uno se les adicionó agua se dejó 24 horas y posteriormente se colocaron a 24 °C con 70% de humedad durante 7 días. Para determinar su durabilidad se analizó la resistencia a la compresión (usando una presión de 600N/s), resistencia a altas temperaturas (secado a 60°C por 12 horas, 20% de lodos y luego calcinado a 200, 400, 600, 800 y 1000°C por 2 horas), a ácidos/bases (usando ácido sulfúrico e hidróxido de sodio y colocando la mezcla en estos durante 1, 3, 7, 14, 21 y 28 días), a erosión por lluvia ácida (preparando una sustancia electrolítica y simulando lluvia ácida con volúmenes de 600, 1200 y 1800 ml) , y la concentración total de cromo lixiviado (mediante TCLP de cada una de las anteriores).

Se hicieron dos muestras con relaciones diferentes de lodo, metacaolín y activadores alcalinos esto con base en la relación molar sílice/alumina y óxido de sodio/sílice, encontrando que cuando la relación molar de agua y metacaolín es de 0.1 el geopolímero tiene mejores propiedades mecánicas, la mayor compresión cuando se tiene una relación molar de 0.37 y 10% de lodo de curtiembre, y que la concentración de cromo en ninguna de las pruebas supero el nivel máximo permisible de éste (pero es menor cuando se encuentra calcinado a más de 800°C). En cuanto a resistencias a alta temperaturas muestra que a 200°C aumenta la resistencia del producto llegando hasta a 58.55 MPa, y a mayor temperatura si disminuyó la resistencia llegando a 23.15 MPa. Del mismo modo, al humedecer el geopolimero con sustancias ácidas disminuye la resistencia (por lo cual con lluvia ácida también disminuyó) y con un pH de 1 la concentración de cromo aumentó, con los otros no se registró cambio significativo y con las alcalinas genera poco impacto. Concluyendo que el geopolímero puede ser utilizado como un nuevo producto en la construcción.

4.3.2 Remediación en agua y elaboración de carbón activado

En la India (Mukherjee, Kar, Mandal, Ghosh, & Majumdar, 2019) prepararon membranas cerámicas de lodos de curtiembre y se modificó de la superficie hidrofóbica para su aplicación en la remediación de atrazina del agua logrando hasta el 95% de eliminación de este pesticida orgánico de preocupación emergente. A su vez la elaboración de carbón activado a partir de lodos de curtiembre ha sido desarrollado por (Ramya, Murugan, Lajapathirai, Saravanan, & Sivasamy, 2019), para la eliminación de malaquita verde, cromo hexavalente y ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) de la fase acuosa, mostrando que el proceso de adsorción es endotérmica, espontánea y favorable.

La elaboración de carbón activado a partir de lodos de curtiembre ha sido desarrollado por (Ramya, Murugan, Lajapathirai, Saravanan, & Sivasamy, 2019), para la eliminación de malaquita verde, cromo hexavalente y ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) de la fase acuosa, mostrando que el proceso de adsorción es endotérmica, espontánea y favorable.

Teniendo en cuentas las diferentes alternativas abordadas en el capítulo 4, se puede encontrar que para los lodos generados por las curtiembres de la ciudad de Bogotá en el barrio San Benito se podrían realizar como alternativas de gestión: para los lodos de curtido al cromo las alternativas de compostaje y vermicompostaje serían una muy buena opción, ya que han sido muy efectivas y demuestran mejoras en las propiedades de los suelos, permite mantenerle una relación C: N favorable y si bien puede alterar la diversidad microbiana, también hace que los grupos que sobrevivan se vuelvan más resistentes y ayudan a biodegradar los contaminantes presentes en los lodos.

En cuanto a los lodos generados en la PTAR al ser inflamables, con estos se podrían realizar alternativas físicas como la de deshidratar el lodo en un entorno de poco oxígeno para evitar explosiones y luego hacerle una autocompactación con el fin de disminuir su tamaño, reduciendo el peligro de autocalentamiento y el costo en su disposición, a su vez la producción de biometano a partir de los lodos también puede ser una opción válida para las curtiembres que retomen o diseñen un tratamiento secundario de las Aguas Residuales no Domésticas, ya que dio muy buenos resultados en el estudio realizado.

Para los lodos de curtido vegetal y pelambre, se les pueden realizar alternativas físicas como la de estabilización y solidificación con el fin de disminuir los riesgos y encapsular estos residuos, para evitar el lixiviado de estos siga siendo ecotóxico y mezclarlo con cemente puede ser de las mejores soluciones para obtener buenos resultados.

Finalmente, si bien para cada lodo se encuentra una alternativa de gestión, la alternativa térmica puede reunir la totalidad de los lodos, ya que mediante el co procesamiento de cemento el lodo es usado en la combustión disminuyendo la cantidad de combustible necesario, puede ser utilizado hasta en el 0,7% en la mezcla y haciendo un buen manejo del gas de salida, no se perjudica la calidad del aire, no perjudica la calidad del cemento y las cenizas resultantes quedan en el clinker y por tanto no se van a generar ni subproductos ni residuos.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

De acuerdo con el censo realizado en el año 2016 la Secretaría Distrital de Ambiente informa que 63 curtiembres trabajan procesos en seco y 224 procesos en húmedo, de las cuales 52 a 2018 contaban con el permiso de vertimientos solicitado por la norma vigente a esa fecha. Una vez hecha la revisión documental y por las materias primas e insumos utilizados en cada una de estas curtiembres se estableció que se debían componer cuatro muestras las cuales fueron de: Muestra de curtiembres que efectúan procesos básicos como pelambre y/o desencale, muestra de las que realizan procesos ácidos como curtido, recurtido y/o teñido y engrase con Cromo como insumo, muestra de las que realizan procesos ácidos como curtido, recurtido y/o teñido y engrase al tanino y muestra proveniente del tratamiento preliminar y tratamiento primario, teniendo en cuenta que cuando se reunieron las muestras ninguna contaba con lodos del tratamiento secundario.

Al determinar las características físico químicas de las cuatro muestras de acuerdo con la Resolución 0062 de 2007, se encontró que ninguno de estos lodos cuenta con características de corrosividad, explosividad, reactividad y toxicidad en cuanto a efectos en la salud bien sea de forma directa o indirecta. No obstante, los lodos de la Planta de Tratamiento de Agua Residual no Doméstica del tratamiento preliminar y primario cuentan con características de inflamabilidad ya que tienen un punto de inflamabilidad < 60 °C, esto posiblemente causado por los engrasantes, aceites, pinturas, barnices y solventes utilizados en la etapa de acabado, los cuales pueden tener conexiones las redes hidráulicas de esta etapa con la PTAR, ya que estas aguas también deben ser tratadas previo a su vertimientos en el alcantarillado, y los lodos de pelambre y curtido vegetal

tienen características de toxicidad producida hacia el medio ambiente específicamente en el agua y por tanto deben ser tratados como residuos peligrosos.

Con base en lo anterior, se efectuó la revisión de diferentes alternativas para realizar su gestión, entre estas se encontró que las más comunes son las alternativas biológicas como la biolixiviación, el compostaje y el vermicompostaje ya que son viables debido a que se pueden utilizar los lodos como acondicionadores y fertilizantes de suelos y si bien pueden alterar la diversidad bacteriana, permiten seleccionar grupos que son capaces de resistir y biodegradar contaminantes, para los residuos de curtido al cromo.

Las alternativas físicas con los lodos, demuestran que a través de la estabilización /solidificación se pueden reducir la movilidad y la toxicidad de los contaminantes que tienen los lodos de pelambre y curtido vegetal, permitiendo que estos puedan ser reutilizados como insumo de nuevos procesos productivos o incluso para la mitigación de los impactos ambientales generados en otros procesos, al igual que para los lodos de la PTAR la cual al deshidratar el lodo y al hacerle autocompactación, se le reduciría el peligro de auto calentamiento y los costos en su disposición

Por último las alternativas térmicas específicamente el co procesamiento puede ser opción muy viable para gestionar todos los lodos, ya que al hacerle manejo al gas de salida, no genera emisiones de gases nocivos, no se necesita un combustible adicional lo que haría el uso de carbón innecesario en este tipo de procesos y no se generan subproductos ya que en la combustión se minimizan las sustancias contaminantes y los residuos quedan en el clinker y se permiten reducir los posibles riesgos para la salud y la eliminación de microorganismos patógenos de los lodos.

5.2 Recomendaciones

Una vez revisadas diferentes fuentes bibliográficas no se encontró que en el país se hayan hecho pruebas sobre alternativas de gestión a los lodos de los procesos productivos y unidades de tratamiento de las curtiembres. Por lo tanto, teniendo en cuenta las alternativas encontradas en otros países se recomienda realizar pruebas pilotos de éstas para verificar si pueden ser opciones viables para las curtiembres del barrio San Benito, con base en la evaluación de poderes caloríficos, movilización de metales en procesos de estabilización/solidificación entre otros.

A partir de las pruebas que se realicen sería importante efectuar un estudio sobre el costo-beneficio de cada una de éstas, ya que con base en los resultados obtenidos puede velarse para que se logre un desarrollo sostenible en este sector, teniendo los ejes ambiental, social y económico en equilibrio.

Las empresas del sector deberían unirse para dar cumplimiento a la normatividad ambiental, intercambiando conocimiento para reducir costos y hacer una evaluación profunda del ciclo de vida de todo el proceso productivo con el fin de encontrar alternativas para prevenir, minimizar, mitigar, corregir y/o compensar los impactos ambientales generados por las materias primas e insumos utilizadas y los lodos producidos en cada una de las etapas, haciendo que con una producción limpia los lodos generados no tengan ninguna característica de peligrosidad.

6. Bibliografía

Alibardi, L., & Cossu, R. (2016). Pre-treatment of tannery sludge for sustainable landfilling. *Waste Management*, 202-211.

Barbosa Rocha, S., Mendes, L., de Souza Oliveira, L., Maciel Melo, V., Lopes Antunes, J., Araujo, F., . . . Ferreira Araujo, A. (2020). Nodule microbiome from cowpea and lima bean grown in composted tannery sludge-treated soil. *Applied Soil Ecology*, 103542.

COMANDO GENERAL DE LAS FUERZAS MILITARES. (2009). *REGLAMENTO MANEJO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS CONTROLADAS POR SU USO EN EXPLOSIVOS*. Obtenido de http://dcca.cgfm.mil.co/siaem/Formularios/RECLAMENTO%204-27%20SUSTANCIAS%20QUIMICAS%20CONTROLADAS.pdf

Della Zassa, M., Zerlottin, M., Refosco, D., Santomaso, A., & Canu, P. (2015). Improved compaction of dried tannery wastewater sludge. *Waste Management*, 472-479.

Dong, H., Jiang, X., Guojun, L., Chi, Y., & Yan, J. (2015). Co-combustion of tannery sludge in a commercial circulating fluidized bed boiler. *Waste Management*, 227-233.

Giaccherinia, F., Munz, G., Dockhorn, T., & Lubello, C. (2017). Carbon and energy footprint analysis of tannery wastewater treatment: A Global overview. *Water Resources and Industry*, 43-52.

Goswami, L., Mukhopadhyay, R., Bhattacharya, S., Das, P., & Goswami, R. (2018). Detoxification of chromium-rich tannery industry sludge by Eudrillus eugeniae: Insight on compost quality fortification and microbial enrichment. *Bioresource Technology*, 472- 481.

Haroun, M., Idris, A., & Syed Omar, S. (2007). A study of heavy metals and their fate in the composting of tannery sludge. *Waste Management*, 1541-1550.

Hongrui, M., Jianjun, Z., Li, H., Fengxia, C., Lixiang, Z., & Xianrong, Q. (2017). Chromium recovery from tannery sludge by bioleaching and its reuse in tanning process. *Journal of Cleaner Production*, 2752-2760.

IDEAM. (2007). *RESOLUCIÓN 0062.* Colombia.

Islam Juel, M., Mizan, A., & Ahmed, T. (2017). Sustainable use of tannery sludge in brick manufacturing in Bangladesh. *Waste Management*, 259-269.

Jin, M., Lian, F., Xia, R., & Wang, Z. (2018). Formulation and durability of a geopolymer based on metakaolin/tannery sludge. *Waste Management*, 717-728.

Kavouras, P., Pantazopoulou, E., Varitis, S., Vourlias, G., Chrissafis, K., Dimitrakopulos, G., . . . Xenidis, a. (2015). Incineration of tannery sludge under oxic and anoxic conditions: Study of chromium speciation. *Journal of Hazardous Materials*, 672-679.

Kavouras, P., Pantazopouloub, E., Varitis, S., Vourlias, G., Chrissafis, K., Dimitrakopulos, G., . . . Xenidis, A. (2015). Incineration of tannery sludge under oxic and anoxic conditions: Study of chromium speciation. *Journal of Hazardous Materials*, 672-679.

Lima Miranda, A., Barbosa Rocha, S., Mendes, L., Van den Brink, P., Bezerrae, W., Maciel Melo, V., . . . Ferreira Araujo, A. (2018). Responses of soil bacterial community after seventh yearly applications of composted tannery sludge. *Geoderma*, 1-8.

Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (26 de Mayo de 2016). *Decreto 1076 de 2015*. Obtenido de https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=62511

Ministerio de transporte. (14 de 04 de 2008). *TRANSPORTE DE MERCANCÍAS PELIGROSAS EN VEHÍCULOS AUTOMOTORES DE CARGA*. Obtenido de Clase 1: explosivos: http://web.mintransporte.gov.co/consultas/mercapeli/Cartillas%20Conductores/CLASE_1.pdf

Montañés, M., Sánchez-Tovar, R., & Roux, M. (2014). The effectiveness of the stabilization/solidification process on the leachability and toxicity of the tannery sludge chromium. *Journal of Environmental Management*, 71-79.

Montealegre Garzón, E. L., & Loaiza Cordero , N. (2015). *APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS E INORGÁNICOS GENERADOS EN LA UNIVERSIDAD DE LA SALLE SEDE CENTRO MEDIANTE EL COMPOSTADOR EARTHGREEN SAC – 100.* Bogotá: La Salle.

Mpofu, A., Oyekola, O., & Welz, P. (2019). Co-digestion of tannery waste activated sludge with slaughterhouse sludge to improve organic biodegradability and biomethane generation. *Process Safety and Environmental Protection*, 235 -245.

Mukherjee, D., Kar, S., Mandal, A., Ghosh, S., & Majumdar, S. (2019). Immobilization of tannery industrial sludge in ceramic membrane, preparation and hydrophobic surface modification for application in atrazine remediation from water. *Journal of the European Ceramic Society*, 3235- 3246.

Pal Vig, A., Singh, J., Hussain Wani, S., & Singh Dhaliwal, S. (2011). Vermicomposting of tannery sludge mixed with cattle dung into valuable manure using earthworm Eisenia fetida (Savigny). *Bioresource Technology*, 7941-7945.

Pantazopoulou,, E., & Zouboulis, A. (2017). Chemical toxicity and ecotoxicity evaluation of tannery sludge stabilized with ladle furnace slag. *Journal of Environmental Management*, 1-6.

Peréz, G. (s.f.). *Espectrometría de absorción atómica*. Obtenido de https://www.espectrometria.com/espectrometra_de_absorcin_atmica

PETROTEST. (s.f.). *Flash - point & Auto- ignition tester*. Obtenido de https://docplayer.net/57944981-Manufacturer-since-1873.html

Ramya, V., Murugan, D., Lajapathirai, C., Saravanan, P., & Sivasamy, A. (2019). Removal of toxic pollutants using tannery sludge derived mesoporous activated carbon: Experimental and modelling studies. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 102798.

Santos, J., Nunes, L., Melo, W., & Araújo, A. (2011). Tannery sludge compost amendment rates on soil microbial biomass of two different soils. *European Journal of Soil Biology*, 146-151.

Secretaría de Seguridad Áerea. (17 de 08 de 2010). *PROCEDIMIENTO PARA EVALUAR EL MANUAL DE MERCANCÍAS PELIGROSAS*. Obtenido de REGLAMENTACIÓN SOBRE MERCANCÍAS PELIGROSAS: http://www.aerocivil.gov.co/autoridad-de-la-aviacion-civil/vigilancia/Documents/CAPITULO%2010.pdf

SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE. (2018). *Respuesta al radicado 2018ER302137 del 21/12/2018.* Bogotá.

Secretaría Distrital de Ambiente. (s.f.). *Guía de producción más limpia para el sector curtiembres de Bogotá Enfoque en vertimientos y residuos. .* Bogotá.

Shen, D., Huang, M., Feng, H., Li, N., Zhou, Y., & Long, Y. (2017). Effect of waste addition points on the chromium leachability of cement produced by co-processing of tannery sludge. *Waste Management*, 345-353.

Telléz, M., Carvajal Roxs, M., & Gaitán, A. (2004). *Aspectos toxicológicos relacionados con la utilización del cromo en el proceso productivo de curtiembres.* Colombia.

Tigini, V., Bevione, F., Prigione, V., Poli, A., Ranieri, L., Spennati, F., . . . Varese, G. (2018). Tannerymixed liquors froman ecotoxicological and mycological point of. *view: Risks vs potential biodegradation application*, 835-843.

Torres, D. F. (2014). *Diagnóstico ambiental y programa de control y seguimiento al sector curtiembres del barrio San Benito de la ciudad de Bogotá.* Bogotá: Universidad de la Salle.

Universidad Nacional de Colombia. (2011). *Guías técnicas y herramientas de gestión empresarial para micro y pequeñas empresas de curtido.* Bogotá: Opciones Gráficas Editores Ltda.

Yang, Y., Ma, H., Chen, X., Zhu, C., & Li, X. (2020). Effect of incineration temperature on chromium speciation in real chromium-rich tannery sludge under air atmosphere. *Environmental Research*, 109-159.

Zeng, J., Li, J., Gou, M., Yuan Xia, Z., Yong Sun, Z., & Qin Tang, Y. (2019). Effective strategy for improving sludge treatment rate and microbial mechanisms during chromium bioleaching of tannery sludge. *Process Biochemistry*, 159-167.

A. ANEXO: Materias primas e insumos utilizados en el proceso productivo y tratamiento de ARnD

B. Tabla A-1. Materias primas, insumos y reactivos utilizados en cada curtiembre

PROCESO PRODUCTIVO	CURTIEM-BRES ROMA SAS	CURTIPIELES Y SERVICIOS SAN GIL LTDA	JOSE EDIER GUEVARA HERNANDEZ	CURTIDOS CATERIN	CUEROS PINILLARBE	CURTILETHER SAS	FERNANDO BLANDON PINEDA
PELAMBRE	No aplica	No aplica	Agua, Vicafin ig (compuesto órgano fosfatado alcalino), pro amin cc (combinación de aminas y auxiliares balanceados), cal y Sulfuro de Sodio	No aplica	No aplica	Sulfuro de sodio, hidróxido de sodio, enzimas y tensoactivos.	No aplica
DESCARNA-DO	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
DESENCALE	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Leatherben	No aplica
PIQUELADO	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	ácido fórmico, leatheroil, leatherbeam, batín	No aplica
CURTIDO	Agua con sulfato de amonio, cromo, tensoactivo, desencalante, ácido fórmico, bicarbonato de sodio	No aplica	No aplica	Agua, Sulfato básico de Cromo, Bicarbonato de Sodio, ácido fórmico, engrasantes	Agua con sulfato de cromo, ácido fórmico, Bicarbonato de Sodio, tensoactivos y desencalante	Tensoactivos, desencalante, ácido fórmico, Cromo y Bicarbonato de Sodio, agua, turkron, leatherbeam	Agua, Sulfato de Cromo, Bicarbonato de Sodio, Formiato de Sodio, tensoactivos, desencalante, ácido fórmico
RECURTIDO	Agua con cromo y recurtientes sintéticos o vegetales	Sulfato de Cromo, recurtientes sintéticos o vegetales	No aplica		Agua con cromo, recurtientes sintéticos o vegetales	Recurtientes, engrasante, turkrom, formiato de sodio	agua con cormo, recurtientes sintéticos o vegetales

TEÑIDO Y ENGRASE	anilinas de teñido y ácido fórmico, engrasantes de tipo animal y vegetal	anilinas de teñido y ácido fórmico, engrasantes de tipo animal y vegetal	No aplica	No aplica	Agua con engrasantes de tipo animal o vegetal	Anilinas de teñido, ácido fórmico, procryl, softanine, progan, weibull, napol, promol.	anilinas de teñido, ácido fórmico, engrasantes te tipo animal y vegetal
TIPO DE TRATAMIENTO AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA	Preliminar (trampa de grasas y aceites), Primario (Coagulación, floculación, neutralización, sedimentación), Terciario (filtración)	Preliminar (trampa de grasas y aceites), Primario (Coagulación, floculación, sedimentación), Secundario (Lodos activados) Terciario (filtración)	Preliminar (trampa de grasas y aceites), Primario (Homogenización, Oxidación de Sulfuros, Coagulación, floculación, sedimentación), Terciario (filtración)	Preliminar (trampa de grasas y aceites), Primario (Coagulación, floculación, neutralización, sedimentación), Terciario (filtración)	Preliminar (trampa de grasas y aceites), Primario (coagulación, floculación y sedimentación, oxidación), terciario (filtración)	Preliminar (trampa de grasas y aceites), Primario (coagulación, floculación, sedimentación y neutralización, flotación, fotoxidador), Terciario (filtración, oxidación UV)	Preliminar(rejillas y trampas de grasas), Primarios (coagulación, floculación, sedimentación y precipitación), terciario (filtro)
PROCESO PRODUCTIVO	**NIAMPICUE-ROS**	**CURTIEMBRES TURIN**	**EMILIO JOSE PRIETO CASALLAS**	**CURTICARNA-ZAS Y SEGURIDAD INDUSYTRIAL JR**	**CURTIEMBRES GALINDO**	**CURTIEMBRE S SANCHEZ**	**LATIN HIDES**
PELAMBRE	No aplica	agua, sulfuro de sodio, cal	No aplica	No aplica	sulfuro de sodio, cal y soda caustica	No aplica	No aplica
DESCARNA-DO	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
DESENCALE	Agua, bisulfito de sodio, sulfato de amonio, ácido	No aplica	Agua, desencalante, bisulfito de sodio, cal	Agua, desencalante, bisulfito de sodio, sulfato	Desencalante, bisulfito de sodio, humectante,	No aplica	No aplica

	oxálico, ácido fórmico, desencalante			de amonio, ácido fórmico, ácido oxálico	sulfato de amonio		
PIQUELADO	agua, sal, ácido fórmico, cromo, piquelante, basificante, fungicida	No aplica	Agua, ácido fórmico, cromo, leatherbeam	agua, sal, ácido fórmico, cromo, piquelante, basificante, fungicida	agua, sal, ácido fórmico, cromo, piquelante, basificante	No aplica	No aplica
CURTIDO		agua, con sulfatos de cromo, tensoactivos, desencalantes, ácido fórmico, bicarbonato de sodio, sulfato de amonio				agua, sales de cromo,	Agua, cromo, curtientes
RECURTIDO	agua, cromo, recurtientes sintéticos y vegetales, ácido fórmico, grasas	agua con cormo, recurtientes sintéticos o vegetales	Agua, cromo, fijadores, recurtientes, engrasantes, anilinas	agua, cromo, recurtientes sintéticos y vegetales, ácido fórmico, grasas	agua, formiato de sodio, bicarbonato de sodio, recurtientes	recurtientes	Recurtientes
TEÑIDO Y ENGRASE	Grasas, anilinas, recurtientes, engrase, ácido fórmico	anilinas de teñido, ácido fórmico, engrasantes de tipo vegetal o animal,		Grasas, anilinas, recurtientes, engrase, ácido fórmico	anilinas, grasa, ácido fórmico	pigmentos	Engrasantes
TIPO DE TRATAMIENTO AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA	Preliminar (rejillas, trampas de grasas y aceites), primario (coagulación, floculación), terciario (filtración)	Preliminar (rejillas, trampas de grasas y aceites), primario (coagulación, floculación, precipitación, oxidación de sulfuro, oxidación de cromo),	Preliminar (rejillas, trampas de grasas y aceites), primario (coagulación, floculación, sedimentación, oxidación	Preliminar (rejillas, trampas de grasas y aceites), primario (coagulación, floculación, sedimentación, flotación,	Preliminar (trampa de grasas y aceites), Primario (Coagulación, floculación, sedimentación), Secundario (Lodos activados)	Preliminar (rejillas, trampas de grasa, desarenador), primario (coagulación floculación, precipitación y sedimentación)	Preliminar (rejillas, trampas de grasa, desarenador), primario (coagulación floculación, precipitación y sedimentación)

		terciario (filtración)	avanzada foto fenton), terciario (filtración)	neutralización), terciario (filtración)	Terciario (filtración)	terciario (filtración)	terciario (filtración)

C.

PROCESO PRODUCTIVO	INDUSTRIA CURTIDORA DE SANTA ROSA DE VITERBO S.A.S,	LEATHERCONFORT	MARIA EUDOXIA MALDONADO GUIO (CURTIDOS PIELARTE)	CURTIEMBRES EL SULTAN	NAPAS LUIGI	CURITEMBRES CHALO	CURTIEMBRES MARTINEZ
PELAMBRE	No aplica	No aplica	No aplica	Agua, cal, sulfuro de sodio	Agua, cal, sulfuro de sodio, hidróxido de sodio, enzimas, tensoactivos	Sulfuro de sodio, cal, agua, tensoactivo, soda caustica	No aplica
DESCARNADO	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
DESENCALE	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	agua, Bisulfito de sodio	No aplica
PIQUELADO	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	agua, ácido fórmico	No aplica
CURTIDO	Agua, cromo, curtientes	Tensoactivo, desencalante, ácido fórmico, cromo, Bicarbonato de Sodio	Agua, sal de cromo, leatherbeam	No aplica	Tensoactivos, desencalante, ácido fórmico, Agua, sulfato básico de cromo, bicarbonato de sodio	Agua, sal, ácido fórmico, sales de cromo, bicarbonato de sodio	Agua, sales de cromo, ácido fórmico
RECURTIDO	agua, formiato de sodio, bicarbonato de sodio, recurtientes	agua, recurtientes, ácido fórmico	agua, recurtientes	No aplica	recurtientes, agua, ácido fórmico	Recurtientes y ácido fórmico	agua, recurtientes

TEÑIDO Y ENGRASE	tintas y colorantes, engrasantes vegetales	anilinas, grasas animales	grasas y anilinas	No aplica	anilinas, pigmentos	engrasantes y anilinas	engrasantes y colorantes
TIPO DE TRATAMIENTO AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA	Preliminar (rejillas y trampas de grasas), primario (neutralización)	Preliminar (rejillas y trampas de grasas), primario (coagulación, floculación, sedimentación), terciario (filtración)	Preliminar (rejillas y trampas de grasas), primario (coagulación, floculación, sedimentación, neutralización), terciario (filtración)	Preliminar (rejillas y trampas de grasas), primario (coagulación, floculación, sedimentación, neutralización)	Preliminar (rejillas y trampas de grasas), primario (coagulación, floculación, sedimentación, neutralización)	Preliminar (rejillas y trampas de grasas), primario (coagulación, floculación, sedimentación, neutralización), terciario (filtración)	Preliminar (rejillas y trampas de grasas), primario (coagulación, floculación, sedimentación), terciario (filtración)
PROCESO PRODUCTIVO	**CURTIEM-BRES EL PRINCIPE**	**TECNO LEATHER**	**CURTIDOS BELYS**	**CURTIEM-BRES FAJARDO**	**INDUSTRIA MAQUILLADO-RA Y PROCESADOR A DE CUEROS**	**CURTIEMBRES CALIZ**	**INDUSTRIA DE CURTIDO DE LA SABANA**
PELAMBRE	No aplica	No aplica	Agua, sulfuro de sodio, cal	No aplica	No aplica	No aplica	Agua, sulfuro de sodio, cal
DESCARNADO	No aplica	Agua, restos de sulfuro de sodio	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
DESENCALE	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Agua, Sulfato de amonio, bisulfito de sodio,	Agua, sulfito de sodio, cal	Agua, desencalante, bisulfito de sodio, sulfato de amonio, ácidos
PIQUELADO	No aplica	No aplica	Agua, sulfato de amonio, ácido fórmico, sal de cromo	No aplica	No aplica	Agua, ácido fórmico	Agua, sales orgánicas e inorgánicas, ácido fórmico, sales de cromo, piquelante,
CURTIDO	Tensoactivos, desencalante, bicarbonato de sodio, Agua,	No aplica		Agua, sales de cromo	Agua, sales de cromo, ácido fórmico,	Tensoactivos, desencalante, bicarbonato de sodio, Agua,	

	cromo, ácido fórmico				bicarbonato de sodio	cromo, ácido fórmico	basificante, fungicida
RECURTIDO	agua, formiato de sodio, recurtientes	No aplica		Recurtientes, pigmentos, bicarbonato de sodio	No aplica	agua, recurtientes, ácido fórmico	Agua, sulfato de cromo, recurtientes sintéticos y vegetales, grasas, ácido fórmico, grasas
TEÑIDO Y ENGRASE	tintas y colorantes, engrasantes vegetales	No aplica	Tintas y humectante	Agua, anilinas de teñido	No aplica	Pigmento y ceras	Agua, colorantes, recurtientes, engrasante, ácido fórmico
TIPO DE TRATAMIENTO AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA	Preliminar (rejillas y trampas de grasas), primario (coagulación, floculación, sedimentación) , terciario (filtración)	Preliminar (rejillas y trampas de grasas), primario (coagulación, floculación, sedimentación), terciario (filtración)	Preliminar (rejillas, trampas de grasas y aceites), primario (coagulación, floculación, sedimentación, oxidación química), terciario (filtración)	Preliminar (rejillas y trampas de grasas), primario (coagulación, floculación, sedimentación y flotación), terciario (filtración)	Preliminar (rejillas y trampas de grasas), primario (coagulación, floculación, sedimentación), terciario (filtración)	Preliminar (trampa de grasas y aceites), Primario (Coagulación, floculación, sedimentación), Secundario (Lodos activados) Terciario (filtración)	Preliminar (trampa de grasas y aceites), Primario (Coagulación, floculación, sedimentación), Secundario (Lodos activados) Terciario (filtración)
PROCESO PRODUCTIVO	**CURTIE-MBRES GILBERT**	**PRO C PIELES**	**CURTIDOS UNIVERSAL JAIRO HUMBERTO ROA**	**CURTIPIELES GIRAL**	**CUEROS Y TONOS**	**CUEROS TERRANOVA**	**CURTIPIELES BERLIN**
PELAMBRE	Agua, cal, sulfuro de sodio,	No aplica	Agua, cal, Mollescal LN-D, Taurolime PZ-	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica

	hidróxido de sodio, enzimas, tensoactivos		1, sulfuro de sodio, soda caustica				
DESCARNADO	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
DESENCALE	Agua, sulfito de sodio, cal	No aplica	No aplica	Agua, sulfito de sodio, cal, desencalante	No aplica	No aplica	Agua, desencalante
PIQUELADO	Agua, ácido fórmico	No aplica	No aplica	Agua, ácido fórmico	No aplica	No aplica	Agua, ácido fórmico, sales de cromo, bicarbonato de sodio
CURTIDO	Tensoactivo, desencalante, ácido fórmico, sales de cromo, bicarbonato de sodio, recurtientes	No aplica	No aplica	Agua, sales de cromo, ácido fórmico, bicarbonato de sodio, recurtientes	No aplica	Agua, desencalante, tensoactivos, ácido fórmico, sales de cromo, Bicarbonato de sodio	Agua y sulfato de cromo
RECURTIDO		Sulfato de cromo, recurtientes, resinas, ácido fórmico	No aplica		Agua, recurtientes, ácido fórmico	recurtiente, ácido fórmico	Recurtiente, ácido fórmico
TEÑIDO Y ENGRASE	Agua, recurtientes, engrasantes, anilina de teñido, ácido fórmico	Engrasantes, rellenantes	No aplica	Recurtientes, anilina, engrasante, ácido fórmico	Colorantes y engrasantes	Anilinas, engrasante	Anilinas, engrasante
TIPO DE TRATAMIENTO AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA	Preliminar (rejillas y trampas de grasas), primario (coagulación,	Preliminar (rejillas y trampas de grasas), primario (coagulación, floculación,	Preliminar (rejillas, trampas de grasas y aceites), primario	Preliminar (rejillas y trampas de grasas), primario (coagulación,	Preliminar (rejillas y trampas de grasas), primario (coagulación,	Preliminar (rejillas y trampas de grasas), primario (coagulación,	Preliminar (rejillas y trampas de grasas), primario (coagulación,

	floculación, sedimentación), terciario (filtración)	sedimentación), terciario (filtración)	(coagulación, floculación, sedimentación, oxidación química), terciario (filtración)	floculación, sedimentación), terciario (filtración)	floculación, sedimentación), terciario (filtración)	floculación, sedimentación), terciario (filtración)	floculación, sedimentación), terciario (filtración)
PROCESO PRODUCTIVO	**CURTIEM-BRES NAVARRETE**	**CURTIAMERICA SAS**	**CURTIEM-BRES HV**	**A Y J LEATHER**	**PIELES DE MARCA**	**GECA TANERY**	**CURTITALAS CENTAURO E.U**
PELAMBRE	No aplica	No aplica	PELADO MANUAL Y DESCARNE (agua, cal, bisulfito de sodio, ácido fórmico	No aplica	No aplica	Agua, inmunizante, sulfuro de sodio, cal	No aplica
DESCARNADO	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
DESENCALE	No aplica	No aplica	No aplica	Agua y bisulfito de sodio	No aplica	Agua, bisulfito de sodio, Sulfato de amonio, ácido oxálico, ácido fórmico, desencalante	Agua, desencalante
PIQUELADO	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Agua, sal, ácido fórmico, cromo, piquelante, basificante, fungicida	No aplica
CURTIDO	Agua con sulfato de cromo, tensoactivos, desencalante, ácido fórmico, bicarbonato de sodio	Agua, ácido fórmico, sulfato de cromo, bicarbonato de sodio	No aplica	Agua, desencalante y sales de cromo	Agua, sales de cromo, ácido fórmico		Agua, ácido fórmico, sulfato de cromo, bicarbonato de sodio

RECURTIDO	Agua con cromo, recurtientes sintéticos o vegetales	Agua, ácido fórmico, superderma mob, bicarbonato de sodio	No aplica	Recurtientes, engrasantes, anilinas	Recurtientes, grasas, anilinas	Agua cromo, recurtientes sintéticos y vegetales, ácido fórmico, grasas	No aplica
TEÑIDO Y ENGRASE	Anilinas, pigmentos y grasas, ácido fórmico	No aplica	No aplica			Agua, recurtientes, anilinas de teñido, ácido fórmico, engrase	No aplica
TIPO DE TRATAMIENTO AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA	Preliminar (rejillas y trampas de grasas), primario (coagulación, floculación, precipitación), terciario (filtración)	Preliminar (rejillas y trampas de grasas), primario (coagulación, floculación, sedimentación, neutralización)	Preliminar (rejillas, trampas de grasas y aceites), primario (coagulación, floculación, sedimentación, oxidación química), terciario (filtración)	Preliminar (rejillas y trampas de grasas), primario (coagulación, floculación, aireación), terciario (filtro)	Preliminar (rejillas y trampas de grasas), primario (coagulación, floculación, sedimentación, precipitación, neutralización), terciario (filtro)	Preliminar (trampa de grasas y aceites), Primario (Coagulación, floculación, sedimentación), Secundario (Lodos activados) Terciario (filtración)	Preliminar (rejillas y trampas de grasas), primario (coagulación, floculación, sedimentación, neutralización)
PROCESO PRODUCTIVO	**MILENIO PLANTA 1**	**MILENIO PLANTA 2**	**CURTIEMBRE JAIRO CAMELO**	**COMERCIALIADORA VICTORIA INTERNACIONAL EURO S EXPORT S.A.S**	**CURTIEMBRES CAÑON**	**CURTILETHER PILO**	**PARRA Y VELOZA Y CIALTDA**
PELAMBRE	Agua, sulfuro de sodio, cal, mollescal, taurolime	Agua, sulfuro de sodio, cal, mollescal, taurolime	Aguas, enzima, sulfuro de sodio, cal, Aracid DA, pellvit lss,	Agua, cal, sulfuro de sodio,	Agua, sulfuro de sodio, cal, soda caustica	Agua, cal, enzimas, sulfuro de sodio	Agua, sulfuro de sodio, cal

			erhavit lsu, borron lfg				
DESCARNADO	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
DESENCALE	Agua, desencalante, bisulfito de sodio	Agua, desencalante, bisulfito de sodio	Agua, desencalante, bisulfito de sodio, dermascal	Agua, desencalante, sulfato de calcio, sulfato de amonio, sulfuro de sodio	Bisulfito de sodio, sulfato de amonio, desencalante	Agua, bisulfito de sodio, diodesencalantes, tensoactivos, enzimas, sulfato de amonio	Agua, desencalante, bisulfito de sodio
PIQUELADO	Agua, ácido fórmico	Agua, ácido fórmico	No aplica	agua, sulfato de cromo, piquelante	Agua, sal, sales de cromo, , ácido fórmico, basificante, piquelante, fungicida	Agua, sal, formiato de sodio, ácido fórmico, sales de cromo, basificante	Agua, ácido fórmico
CURTIDO	No aplica	No aplica	agua, ácido fórmico, sales de cromo				Agua, sales de cromo, basificante
RECURTIDO	No aplica	No aplica	Agua, ácido fórmico, formiato de sodio, bicarbonato de sodio, recurtientes, Superderma CA, Aducin z,	agua, sulfato de cromo, bicarbonato de sodio, formiato de sodio, recurtientes, tensoactivos	Cromo, recurtientes vegetales y sintéticos	Agua, recurtientes, formiato de sodio, bicarbonato de sodio, colorantes, grasas y aceites	Recurtientes, agua, bicarbonato sodio, ácido oxálico
TEÑIDO Y ENGRASE	No aplica	No aplica	agua, anilinas	Pigmentos y ceras	Agua, colorantes anilinas, recurtientes, licor de engrase		Agua, anilinas
TIPO DE TRATAMIENTO AGUA RESIDUAL NO DOMÉSTICA	Preliminar (trampa de grasas y aceites), Primario (Coagulación,	Preliminar (trampa de grasas y aceites), Primario (Coagulación, floculación,	Preliminar (rejillas y trampas de grasas), primario (coagulación,	Preliminar (rejillas y trampas de grasas), primario (coagulación,	Preliminar (trampa de grasas y aceites), Primario (Coagulación,	Preliminar (rejillas y trampas de grasas), primario (coagulación,	Preliminar (rejillas y trampas de grasas), primario (coagulación,

	floculación, sedimentación, flotación), Secundario (Lodos activados) Terciario (filtración)	sedimentación, flotación), Secundario (Lodos activados) Terciario (filtración)	floculación, sedimentación, precipitación)	floculación, sedimentación, precipitación)	floculación, sedimentación), Secundario (Lodos activados) Terciario (filtración)	floculación, sedimentación), terciario (osmosis inversa)	floculación, sedimentación, flotación, oxidación química), terciario (osmosis inversa)

PROCESO PRODUCTIVO	**COMERCIALIZADORA LEVMAR**	**SERVIZULIAN SAS**	**MAQUIPIELES S.A.S**
PELAMBRE	No aplica	Agua, cal, sulfuro de sodio	No aplica
DESCARNADO	No aplica	No aplica	No aplica
DESENCALE	Agua, bisulfito de sodio, sulfato de amonio, trixol, desencalante	Agua, bisulfito de sodio, sulfato de amonio, desencalante	Sulfato de amonio, bisulfito de sodio,
PIQUELADO	Agua y ácido fórmico	Piquelante, sulfato de cromo, basificante, Agua	Agua, sal, ácido fórmico
CURTIDO	Agua, sulfato de cromo, bicarbonato de sodio, formiato de sodio, recurtientes, ácido fórmico	Agua, sulfato de cromo, bicarbonato de sodio, formiato de sodio, recurtientes	Agua, saldes de cromo, basificante
RECURTIDO		No aplica	No aplica
TEÑIDO Y ENGRASE	Pigmentos y ceras	No aplica	No aplica
TIPO DE TRATAMIENTO AGUA	Preliminar (rejillas y trampas de grasas),	Preliminar (rejillas, trampas de grasas y aceites), primario	Preliminar (trampa de grasas y aceites),

RESIDUAL NO DOMÉSTICA	primario (coagulación, floculación, sedimentación, flotación, oxidación química), terciario (osmosis inversa)	(coagulación, floculación, precipitación, oxidación de sulfuro, oxidación de cromo, aireación extendida), terciario (filtración)	Primario (Coagulación, floculación, sedimentación, flotación, oxidación avanzada

Fuente. Propia con base en expedientes permisivos de la Secretaría Distrital de Ambiente

B. Anexo. Resultados prueba inhibición de algas

ENSAYO DE INHIBICIÓN DEL CRECIMIENTO DE UN CULTIVO DE ALGAS- *Selenastrum capricornutum*	**Pág. 1 de 5**
Informe No 35932	
Fecha de Emisión: 2020/03/31	**LIA-FT-097 V.05**

1. INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Cliente:	OSCAR JAVIER SUAREZ
Empresa:	OSCAR JAVIER SUAREZ
Persona a contactar:	Natalia Loaiza Cordero
Dirección / Ciudad:	Carrera 30 No 45-03 Bogotá
Teléfono. Fijo/Fax/Móvil:	3165000
Toma de Muestra / Fecha de Toma de Muestra:	No / 2020-02-19. Hora: 8:30 a.m.
Fecha de Recepción de la muestra:	2020-02-19
Procedencia:	PTAR
Punto de Captación:	Curtiembre San Benito.
Municipio/Departamento:	Bogotá/Cundinamarca

2. CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA

Identificación Cliente: No Aplica
Identificación Interna: Muestra No. 35932
Características físicas:

Propiedad	Resultado
Aspecto	Residuo sólido, húmedo, tipo lodo

Tabla 1. Características físicas de muestra recibida

Envase recibido: Bolsa plástica

3. ENSAYOS

3.1 Obtención de la fracción ajustada de agua del desecho (WAF)

Cantidad de muestra	100 mg en 1 litro de solución de dilución
Muestra No.	35932
Solución de dilución	Medio de cultivo para las algas (*Selenastrum capricornutum*)
Condiciones de extracción	Agitador Orbital: Lab-line Environ 175±1 rpm a 20±2°C por 7 días

Tabla 2. Características de la fracción ajustada de agua de desecho (WAF)

Cra 30 No. 45-03 Edificio 406 IEI Facultad de Ingeniería piso 2° Oficina 228
Teléfono: (57-1) 316 5551 Conmutador: (57-1) 316 5000 Ext. 13322 – 13333
Correo electrónico: labingamb_fibog@unal.edu.co
Bogotá, Colombia, Sur América

Patrimonio de todos los colombianos.

3.2 Condiciones de cultivo

Organismo de Prueba y Condiciones de Cultivo	
Nombre	*Selenastrum capricornutum* (Nombre actual: *Pseudokirchneriella subcapitata)*
Proveedor	National Water Institute of Canada
Reproducción	Mitosis
Medio de Propagación	OECD
Iluminación	Continua
Método de Ensayo	OECD 201, Freshwater Alga and Cyanobacteria Growth Inhibition Test. OECD Guidelines for Testing of Chemicals. Adopted 23 March 2006
Punto Final	Inhibición del Crecimiento a 72h
Agua de Dilución	Medio OECD

Tabla 3. Organismos de prueba y Condiciones de cultivo para el ensayo sobre la muestra 35932

3.3 Características fisicoquímicas del agua de dilución medio algas

Parámetro	Unidades	Método	Resultado
pH	Unidades	Potenciométrico	8.10

Tabla 4. Características del agua de dilución para el ensayo sobre la muestra 35932

3.4 Condiciones de la prueba

Tipo Ensayo	Crónico, estático
Edad Organismo	Cultivo en Fase Exponencial
Número de réplicas	3
Número de organismos iniciales por réplica	10000 células/mL
Temperatura	20°C± 2°C
Método de Conteo	Microscópico, Cámara de Newbauer
Fecha inicio ensayo	2020/03/09
Fecha finalización	2020/03/12
Sustancia de referencia	$CL_{50\text{-}72h}$: 0,35 mg $Cr+^{6}$/ L

Tabla 5. Condiciones del ensayo de toxicidad de *Selenastrum capricornatum*. * CL50-72h: concentración letal cincuenta a 72 horas

4. RESULTADOS

Las características fisicoquímicas de la muestra antes y después del ensayo de inhibición del crecimiento para la muestra 35932 se ilustran en la tabla 6. La inhibición del crecimiento, comparación de áreas bajo la curva de crecimiento, inhibición de densidad celular y tasa de crecimiento obtenida en el ensayo se registran en las tablas 7, 8 y 9.

Cra 30 No. 45-03 Edificio 406 IEI Facultad de Ingeniería piso 2° Oficina 228
Teléfono: (57-1) 316 5551 Conmutador: (57-1) 316 5000 Ext. 13322 – 13333
Correo electrónico: labingamb_fibog@unal.edu.co
Bogotá, Colombia, Sur América

Patrimonio de todos los colombianos.

4.1 Características fisicoquímicas del WAF en los recipientes de prueba

WAF 35932	pH (unidades)		Temperatura (°C)	
	Inicio Ensayo	Final Ensayo	Inicio Ensayo	Final Ensayo
	7.78	8.26	23.1	23.4

Tabla 6. Características fisicoquímicas del WAF que representa la muestra 35932

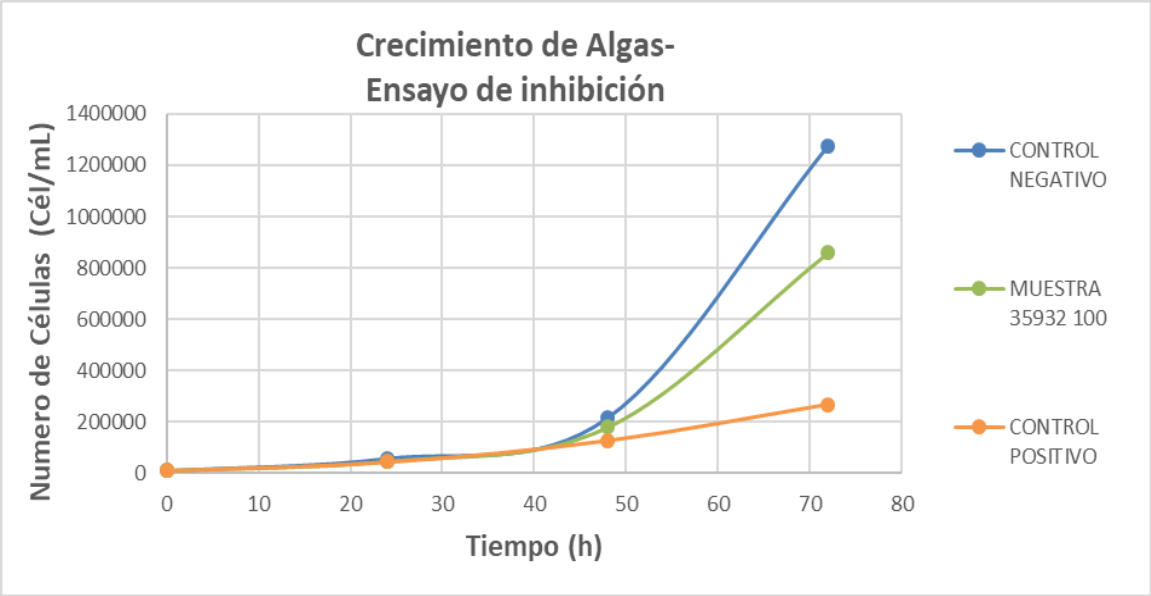
4.2 Densidad Celular y gráfica de inhibición de crecimiento

Ensayo	Réplicas	Número de Células / ml			
		Inicio	24 h	48 h	72 h
Control Negativo	R1	10000	57500	205000	1250000
	R2	10000	52500	230000	1350000
	R3	10000	62500	212500	1225000
	PROMEDIO	**10000**	**57500**	**215833**	**1275000**
	D. Estándar	**0**	**5000**	**12829**	**66144**
	C. Variación	**0,0**	**8,7**	**5,9**	**5,2**
Muestra 35932-100	R1	10000	50000	165000	750000
	R2	10000	42500	192500	875000
	R3	10000	47500	180000	950000
	PROMEDIO	**10000**	**46667**	**179167**	**858333**
	D. Estándar	**0**	**3819**	**13769**	**101036**
	C. Variación	**0**	**8**	**8**	**12**
Control Positivo	R1	10000	50000	140000	275000
	R2	10000	40000	145000	250000
	R3	10000	40000	95000	275000
	PROMEDIO	**10000**	**43333**	**126667**	**266667**
	D. Estándar	**0**	**5774**	**27538**	**14434**
	C. Variación	**0**	**13**	**22**	**5**

Tabla 7. Resultados de la muestra 35932 en el ensayo de Inhibición del crecimiento del cultivo de *Selenastrum capricornatum.*

Cra 30 No. 45-03 Edificio 406 IEI Facultad de Ingeniería piso 2° Oficina 228
Teléfono: (57-1) 316 5551 Conmutador: (57-1) 316 5000 Ext. 13322 – 13333
Correo electrónico: labingamb_fibog@unal.edu.co
Bogotá, Colombia, Sur América

Patrimonio de todos los colombianos.



Gráfica 1. Crecimiento de *Selenastrum capricornatum* en la muestra 35932

4.3 Comparación de áreas bajo la curva de crecimiento e inhibición densidad celular

Muestra	ÁREA BAJO LA CURVA	INHIBICIÓN DENSIDAD CELULAR A 72 h (%)
Control negativo	885833	N.A
Muestra 35932	630000	29
Control Positivo	278333	69
Nota: "Si la inhibición de la densidad celular o inhibición de la tasa de crecimiento son mayores o iguales al 50 por ciento el desecho debe ser clasificado como ECOTOXICO" (Parágrafo 6.4 Sección I. Resolución 0062, 2007 IDEAM) ***N.A:*** No Aplica		

Tabla 8. Resultados de la muestra 35932 en la comparación de áreas e inhibición de densidad celular

Cra 30 No. 45-03 Edificio 406 IEI Facultad de Ingeniería piso 2° Oficina 228
Teléfono: (57-1) 316 5551 Conmutador: (57-1) 316 5000 Ext. 13322 – 13333
Correo electrónico: labingamb_fibog@unal.edu.co
Bogotá, Colombia, Sur América

Patrimonio de todos los colombianos.

4.4 Tasas de crecimiento e inhibición de la tasa de crecimiento

Muestra	Tasa de Crecimiento (d^{-1})	INHIBICIÓN TASA DE CRECIMIENTO 72 h (%)
Control negativo	1.6	N.A
Muestra 35932	1.5	8.2
Control Positivo	1.1	32.3
Nota: "Si la inhibición de la densidad celular o inhibición de la tasa de crecimiento son mayores o iguales al 50 por ciento el desecho debe ser clasificado como ECOTOXICO" (Parágrafo 6.4 Sección I. Resolución 0062, 2007 IDEAM) ***N.A:*** No Aplica		

Tabla 9. Resultados de la muestra 35932 con respecto a la tasa de crecimiento e inhibición.

5. INTERPRETACIÓN:

De acuerdo a la Resolución 0062, 2007 del IDEAM, la muestra analizada se considera NO ECOTÓXICA.

6. OBSERVACIONES:

Los resultados aplican únicamente para la muestra analizada, la cual NO fue recolectada por personal del laboratorio ni bajo la supervisión del mismo.

Elaborado por:

Microb. KEILE BRUGÉS
Analista

Revisado por:

Q. CÉSAR AUGUSTO COY V.
Responsable Técnico

Aprobado por:

DRA. MARTHA CRISTINA BUSTOS LOPEZ
Coordinadora Laboratorio Ingeniería Ambiental

_____FIN DE DOCUMENTO_____

Cra 30 No. 45-03 Edificio 406 IEI Facultad de Ingeniería piso 2° Oficina 228
Teléfono: (57-1) 316 5551 Conmutador: (57-1) 316 5000 Ext. 13322 – 13333
Correo electrónico: labingamb_fibog@unal.edu.co
Bogotá, Colombia, Sur América

Patrimonio de todos los colombianos.

ENSAYO DE INHIBICIÓN DEL CRECIMIENTO DE UN CULTIVO DE ALGAS- *Selenastrum capricornutum*	**Pág. 1 de 5**
Informe No 35931	
Fecha de Emisión: 2020/03/31	**LIA-FT-097 V.05**

1. INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Cliente:	OSACR JAVIER SUAREZ
Empresa:	OSCAR JAVIER SUAREZ
Persona a contactar:	Natalia Loaiza Cordero
Dirección / Ciudad:	Carrera 30 No 45-03 Bogotá
Teléfono. Fijo/Fax/Móvil:	
Toma de Muestra / Fecha de Toma de Muestra:	No / 2020-02-19. Hora: 8:30 a.m.
Fecha de Recepción de la muestra:	2020-02-19
Procedencia:	Pelambre
Punto de Captación:	Curtiembres San Benito
Municipio/Departamento:	Bogotá/Cundinamarca

2. CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA

Identificación Cliente: No Aplica
Identificación Interna: Muestra No. 35931
Características físicas:

Propiedad	Resultado
Aspecto	Residuo sólido, húmedo, tipo lodo

Tabla 1. Características físicas de muestra recibida

Envase recibido: Bolsa plástica

3. ENSAYOS

3.1 Obtención de la fracción ajustada de agua del desecho (WAF)

Cantidad de muestra	100 mg en 1 litro de solución de dilución
Muestra No.	35931
Solución de dilución	Medio de cultivo para las algas (*Selenastrum capricornutum*)
Condiciones de extracción	Agitador Orbital: Lab-line Environ 175±1 rpm a 20±2°C por 7 días

Tabla 2. Características de la fracción ajustada de agua de desecho (WAF)

Cra 30 No. 45-03 Edificio 406 IEI Facultad de Ingeniería piso 2° Oficina 228
Teléfono: (57-1) 316 5551 Conmutador: (57-1) 316 5000 Ext. 13322 – 13333
Correo electrónico: labingamb_fibog@unal.edu.co
Bogotá, Colombia, Sur América

Patrimonio de todos los colombianos.

3.2 Condiciones de cultivo

Organismo de Prueba y Condiciones de Cultivo	
Nombre	*Selenastrum capricornutum* (Nombre actual: *Pseudokirchneriella subcapitata)*
Proveedor	National Water Institute of Canada
Reproducción	Mitosis
Medio de Propagación	OECD
Iluminación	Continua
Método de Ensayo	OECD 201, Freshwater Alga and Cyanobacteria Growth Inhibition Test. OECD Guidelines for Testing of Chemicals. Adopted 23 March 2006
Punto Final	Inhibición del Crecimiento a 72h
Agua de Dilución	Medio OECD

Tabla 3. Organismos de prueba y Condiciones de cultivo para el ensayo sobre la muestra 35931

3.3 Características fisicoquímicas del agua de dilución medio algas

Parámetro	Unidades	Método	Resultado
pH	Unidades	Potenciométrico	8.1

Tabla 4. Características del agua de dilución para el ensayo sobre la muestra 35933

3.4 Condiciones de la prueba

Tipo Ensayo	Crónico, estático
Edad Organismo	Cultivo en Fase Exponencial
Número de réplicas	3
Número de organismos iniciales por réplica	10000 células/mL
Temperatura	20°C± 2°C
Método de Conteo	Microscópico, Cámara de Newbauer
Fecha inicio ensayo	2020/03/09
Fecha finalización	2020/03/12
Sustancia de referencia	$CL_{50\text{-}72h}$: 0,35 mg $Cr+^{6}$/ L

Tabla 5. Condiciones del ensayo de toxicidad de *Selenastrum capricornatum*. * CL50-72h: concentración letal cincuenta a 72 horas

4. RESULTADOS

Las características fisicoquímicas de la muestra antes y después del ensayo de inhibición del crecimiento para la muestra 35931 se ilustran en la tabla 6. La inhibición del crecimiento, comparación de áreas bajo la curva de crecimiento, inhibición de densidad celular y tasa de crecimiento obtenida en el ensayo se registran en las tablas 7, 8 y 9.

Cra 30 No. 45-03 Edificio 406 IEI Facultad de Ingeniería piso 2° Oficina 228
Teléfono: (57-1) 316 5551 Conmutador: (57-1) 316 5000 Ext. 13322 – 13333
Correo electrónico: labingamb_fibog@unal.edu.co
Bogotá, Colombia, Sur América

Patrimonio de todos los colombianos.

4.1 Características fisicoquímicas del WAF en los recipientes de prueba

WAF 35931	pH (unidades)		Temperatura (°C)	
	Inicio Ensayo	Final Ensayo	Inicio Ensayo	Final Ensayo
	7.53	8.15	23.2	23.4

Tabla 6. Características fisicoquímicas del WAF que representa la muestra 35931

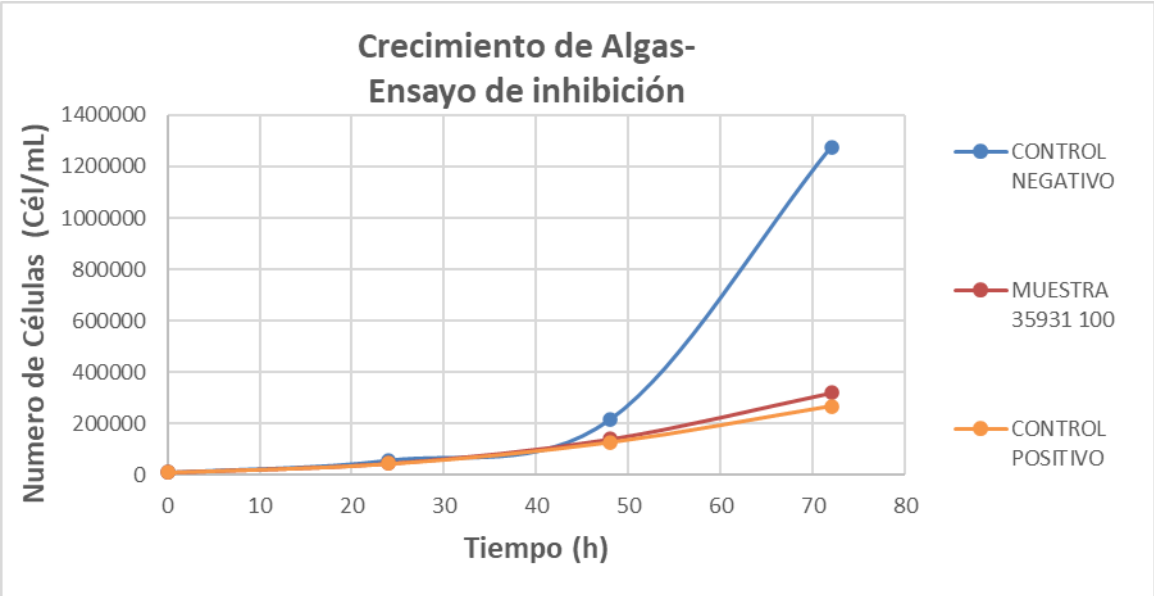
4.2 Densidad Celular y gráfica de inhibición de crecimiento

Ensayo	Réplicas	Número de Células / ml			
		Inicio	24 h	48 h	72 h
Control Negativo	R1	10000	57500	205000	1250000
	R2	10000	52500	230000	1350000
	R3	10000	62500	212500	1225000
	PROMEDIO	**10000**	**57500**	**215833**	**1275000**
	D. Estándar	**0**	**5000**	**12829**	**66144**
	C. Variación	**0,0**	**8,7**	**5,9**	**5,2**
Muestra 35931-100	R1	10000	47500	147500	370000
	R2	10000	42500	142500	237500
	R3	10000	45000	127500	347500
	PROMEDIO	**10000**	**45000**	**139167**	**318333**
	D. Estándar	**0**	**2500**	**10408**	**70902**
	C. Variación	**0**	**6**	**7**	**22**
Control Positivo	R1	10000	50000	140000	275000
	R2	10000	40000	145000	250000
	R3	10000	40000	95000	275000
	PROMEDIO	**10000**	**43333**	**126667**	**266667**
	D. Estándar	**0**	**5773,502692**	**27538**	**14434**
	C. Variación	**0**	**13**	**22**	**5**

Tabla 7. Resultados de la muestra 35931 en el ensayo de Inhibición del crecimiento del cultivo de *Selenastrum capricornatum.*

Cra 30 No. 45-03 Edificio 406 IEI Facultad de Ingeniería piso 2° Oficina 228
Teléfono: (57-1) 316 5551 Conmutador: (57-1) 316 5000 Ext. 13322 – 13333
Correo electrónico: labingamb_fibog@unal.edu.co
Bogotá, Colombia, Sur América

Patrimonio de todos los colombianos.



Gráfica 1. Crecimiento de *Selenastrum capricornatum* en la muestra 35931

4.3 Comparación de áreas bajo la curva de crecimiento e inhibición densidad celular

Muestra	ÁREA BAJO LA CURVA	INHIBICIÓN DENSIDAD CELULAR A 72 h (%)
Control negativo	885833	N.A
Muestra 35931	318333	64
Control Positivo	278333	69
Nota: "Si la inhibición de la densidad celular o inhibición de la tasa de crecimiento son mayores o iguales al 50 por ciento el desecho debe ser clasificado como ECOTOXICO" (Parágrafo 6.4 Sección I. Resolución 0062, 2007 IDEAM) ***N.A:*** No Aplica		

Tabla 8. Resultados de la muestra 35931 en la comparación de áreas e inhibición de densidad celular

Cra 30 No. 45-03 Edificio 406 IEI Facultad de Ingeniería piso 2° Oficina 228
Teléfono: (57-1) 316 5551 Conmutador: (57-1) 316 5000 Ext. 13322 – 13333
Correo electrónico: labingamb_fibog@unal.edu.co
Bogotá, Colombia, Sur América

Patrimonio de todos los colombianos.

4.4 Tasas de crecimiento e inhibición de la tasa de crecimiento

Muestra	Tasa de Crecimiento (d^{-1})	INHIBICIÓN TASA DE CRECIMIENTO 72 h (%)
Control negativo	1.6	N.A
Muestra 35931	1.2	28.6
Control Positivo	1.1	32.3
Nota: "Si la inhibición de la densidad celular o inhibición de la tasa de crecimiento son mayores o iguales al 50 por ciento el desecho debe ser clasificado como ECOTOXICO" (Parágrafo 6.4 Sección I. Resolución 0062, 2007 IDEAM) ***N.A:*** No Aplica		

Tabla 9. Resultados de la muestra 35931 con respecto a la tasa de crecimiento e inhibición.

5. INTERPRETACIÓN:

De acuerdo a la Resolución 0062, 2007 del IDEAM, la muestra analizada se considera ECOTÓXICA.

6. OBSERVACIONES:

Los resultados aplican únicamente para la muestra analizada, la cual NO fue recolectada por personal del laboratorio ni bajo la supervisión del mismo.

Los resultados emitidos son con fines informativos. Los estimados de toxicidad no se alcanzaron a realizar debido a las medidas tomadas por el Covid-19

Elaborado por:

Microb. KEILE BRUGÉS
Analista

Revisado por:

Q. CÉSAR AUGUSTO COY V.
Responsable Técnico

Aprobado por:

DRA. MARTHA CRISTINA BUSTOS LOPEZ
Coordinadora Laboratorio Ingeniería Ambiental

_____FIN DE DOCUMENTO_____

Cra 30 No. 45-03 Edificio 406 IEI Facultad de Ingeniería piso 2° Oficina 228
Teléfono: (57-1) 316 5551 Conmutador: (57-1) 316 5000 Ext. 13322 – 13333
Correo electrónico: labingamb_fibog@unal.edu.co
Bogotá, Colombia, Sur América

Patrimonio de todos los colombianos.

ENSAYO DE INHIBICIÓN DEL CRECIMIENTO DE UN CULTIVO DE ALGAS- *Selenastrum capricornutum*	**Pág. 1 de 5**
Informe No 35930	
Fecha de Emisión: 2020/03/31	**LIA-FT-097 V.05**

1. INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Cliente:	OSCAR JAVIER SUAREZ
Empresa:	OSCAR JAVIER SUAREZ
Persona a contactar:	Natalia Loaiza Cordero
Dirección / Ciudad:	Carrera 30 No 45-03 Bogotá
Teléfono. Fijo/Fax/Móvil:	3165000
Toma de Muestra/Fecha de Toma de muestra:	No / 2020-02-19. Hora: 8:30 a.m.
Fecha de Recepción de la muestra:	2020-02-19
Procedencia:	Curtido vegetal
Punto de Captación:	Curtiembres San Benito.
Municipio/Departamento:	Bogotá/Cundinamarca

2. CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA

Identificación Cliente: No Aplica
Identificación Interna: Muestra No. 35930
Características físicas:

Propiedad	Resultado
Aspecto	Residuo sólido, húmedo, tipo lodo

Tabla 1. Características físicas de muestra recibida

Envase recibido: Bolsa plástica

3. ENSAYOS

3.1 Obtención de la fracción ajustada de agua del desecho (WAF)

Cantidad de muestra	100 mg en 1 litro de solución de dilución
Muestra No.	35930
Solución de dilución	Medio de cultivo para las algas (*Selenastrum capricornutum*)
Condiciones de extracción	Agitador Orbital: Lab-line Environ 175±1 rpm a 20±2°C por 7 días
Diluciones ensayadas a partir de concentración 100% (mg/L)	100 75 50

Tabla 2. Características de la fracción ajustada de agua de desecho (WAF)

Cra 30 No. 45-03 Edificio 406 IEI Facultad de Ingeniería piso 2° Oficina 228
Teléfono: (57-1) 316 5551 Conmutador: (57-1) 316 5000 Ext. 13322 – 13333
Correo electrónico: labingamb_fibog@unal.edu.co
Bogotá, Colombia, Sur América

Patrimonio de todos los colombianos.

3.2 Condiciones de cultivo

Organismo de Prueba y Condiciones de Cultivo	
Nombre	*Selenastrum capricornutum* (Nombre actual: *Pseudokirchneriella subcapitata)*
Proveedor	National Water Institute of Canada
Reproducción	Mitosis
Medio de Propagación	AAP
Iluminación	Continua
Método de Ensayo	ISO: 8692-1989; OECD: 201-2006 Anexo 5 corregido, 28 Julio 2011
Punto Final	Inhibición del Crecimiento a 72h
Agua de Dilución	Medio AAP

Tabla 3. Organismos de prueba y Condiciones de cultivo para el ensayo sobre la muestra 35930

3.3 Características fisicoquímicas del agua de dilución medio algas

Parámetro	Unidades	Método	Resultado
pH	Unidades	Potenciométrico	8.10

Tabla 4. Características del agua de dilución para el ensayo sobre la muestra 35930

3.4 Condiciones de la prueba

Tipo Ensayo	Crónico, estático
Edad Organismo	Cultivo en Fase Exponencial
Número de réplicas	3
Número de organismos iniciales por réplica	10000 células/mL
Temperatura	20°C
Método de Conteo	Microscópico, Cámara de Newbauer
Fecha inicio ensayo	2020/03/03
Fecha finalización	2020/03/06
Sustancia de referencia	$CL_{50\text{-}72h}$: 0,5 mg $Cr+^{6}$/ L

Tabla 5. Condiciones del ensayo de toxicidad de *Selenastrum capricornatum*. * CL50-72h: concentración letal cincuenta a 72 horas

4. RESULTADOS

Las características fisicoquímicas de la muestra antes y después del ensayo de inhibición del crecimiento para la muestra 35930 se ilustran en la tabla 6. La inhibición del crecimiento, comparación de áreas bajo la curva de crecimiento, inhibición de densidad celular y tasa de crecimiento obtenida en el ensayo se registran en las tablas 7,8 y 9.

Cra 30 No. 45-03 Edificio 406 IEI Facultad de Ingeniería piso 2° Oficina 228
Teléfono: (57-1) 316 5551 Conmutador: (57-1) 316 5000 Ext. 13322 – 13333
Correo electrónico: labingamb_fibog@unal.edu.co
Bogotá, Colombia, Sur América

Patrimonio de todos los colombianos.

4.1 Características fisicoquímicas de la muestra en los recipientes de prueba

WAF DILUCIÓN ENSAYADA 35930	pH (unidades)		Temperatura (°C)	
	Inicio Ensayo	Final Ensayo	Inicio Ensayo	Final Ensayo
100	7.98	8.04	21.9	22.3
75	7.87	7.92	21.4	22.6
50	8.09	7.93	2.10	22.6

Tabla 6. Características físico-químicas de la muestra 35930

4.2 Densidad Celular y gráfica de inhibición de crecimiento

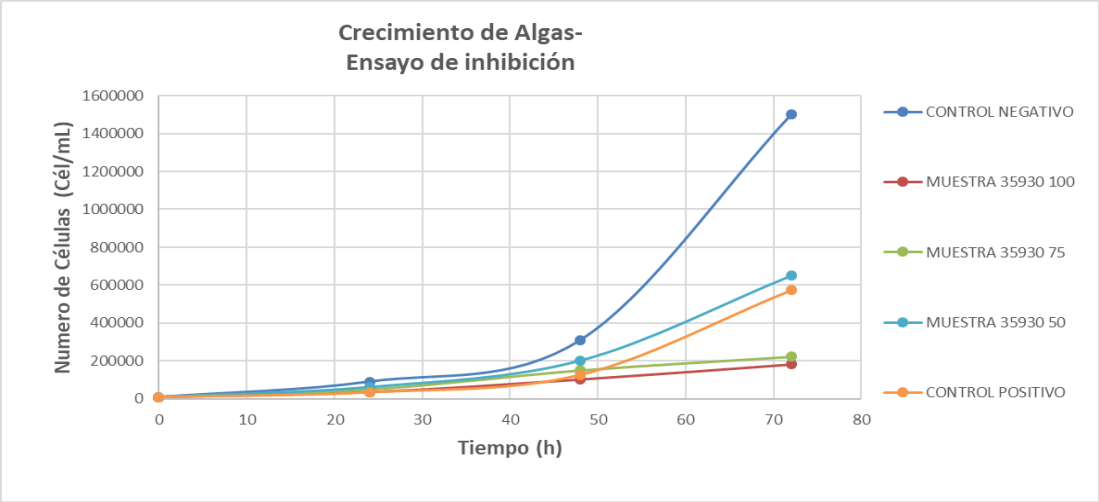
Ensayo	Réplicas	Número de Células / ml			
		Inicio	24 h	48 h	72 h
Control Negativo	R1	10000	95000	302500	1400000
	R2	10000	92500	312500	1600000
	R3	10000	87500	317500	1500000
	PROMEDIO	**10000**	**91667**	**310833**	**1500000**
	D. Estándar	**0**	**3819**	**7638**	**100000**
	C. Variación	**0,0**	**4,2**	**2,5**	**6,7**
Muestra 35930-100	R1	10000	30000	102500	195000
	R2	10000	42500	100000	155000
	R3	10000	35000	105000	195000
	PROMEDIO	**10000**	**35833**	**102500**	**181667**
	D. Estándar	**0**	**6292**	**2500**	**23094**
	C. Variación	**0**	**18**	**2**	**13**
Muestra 35930-75	R1	10000	60000	160000	275000
	R2	10000	45000	137500	182500
	R3	10000	45000	155000	212500
	PROMEDIO	**10000**	**50000**	**150833**	**223333**
	D. Estándar	**0**	**8660**	**11815**	**47192**
	C. Variación	**0**	**17**	**8**	**21**
Muestra 35930-50	R1	10000	60000	197500	700000
	R2	10000	52500	195000	600000
	R3	10000	75000	215000	650000
	PROMEDIO	**10000**	**62500**	**202500**	**650000**
	D. Estándar	**0**	**11456**	**10897**	**50000**
	C. Variación	**0**	**18**	**5**	**8**
Control Positivo	R1	10000	37500	135000	425000
	R2	10000	30000	112500	525000

Cra 30 No. 45-03 Edificio 406 IEI Facultad de Ingeniería piso 2° Oficina 228
Teléfono: (57-1) 316 5551 Conmutador: (57-1) 316 5000 Ext. 13322 – 13333
Correo electrónico: labingamb_fibog@unal.edu.co
Bogotá, Colombia, Sur América

Patrimonio de todos los colombianos.

	R3	10000	37500	135000	775000
	PROMEDIO	**10000**	**35000**	**127500**	**575000**
	D. Estándar	**0**	**4330**	**12990**	**180278**
	C. Variación	**0**	**12**	**10**	**31**

Tabla 7. Resultados de la muestra 35930 en el ensayo de Inhibición del crecimiento del cultivo de *Selenastrum capricornatum.*



Gráfica 1. Crecimiento de *Selenastrum capricornatum* en la muestra 35930

4.3 Comparación de áreas bajo la curva de crecimiento e inhibición densidad celular

Muestra	ÁREA BAJO LA CURVA	INHIBICIÓN DENSIDAD CELULAR A 72 h (%)
Control negativo	1127500	N.A
DILUCIÓN 35930-100	204167	82
DILUCIÓN 35930-75	287500	75
DILUCIÓN 35930-50	565000	50
Control Positivo	425000	62
Nota: *"Si la inhibición de la densidad celular o inhibición de la tasa de crecimiento son mayores o iguales al 50 por ciento el desecho debe ser clasificado como ECOTOXICO" (Parágrafo 6.4 Sección I. Resolución 0062, 2007 IDEAM)* ***N.A:*** No Aplica		

Tabla 8. Resultados de la muestra 35930 en la comparación de áreas e inhibición de densidad celular

Cra 30 No. 45-03 Edificio 406 IEI Facultad de Ingeniería piso 2° Oficina 228
Teléfono: (57-1) 316 5551 Conmutador: (57-1) 316 5000 Ext. 13322 – 13333
Correo electrónico: labingamb_fibog@unal.edu.co
Bogotá, Colombia, Sur América

Patrimonio de todos los colombianos.

4.4 Tasas de crecimiento e inhibición de la tasa de crecimiento

Muestra	Tasa de Crecimiento (d^{-1})	INHIBICIÓN TASA DE CRECIMIENTO 72 h (%)
Control negativo	1.7	N.A
DILUCIÓN 35930-100	1.0	42.1
DILUCIÓN 35930-75	1.0	38.0
DILUCIÓN 35930-50	1.4	16.7
Control Positivo	1.4	19.1

Nota: *"Si la inhibición de la densidad celular o inhibición de la tasa de crecimiento son mayores o iguales al 50 por ciento el desecho debe ser clasificado como ECOTOXICO" (Parágrafo 6.4 Sección I. Resolución 0062, 2007 IDEAM)*
N.A: No Aplica

Tabla 9. Resultados de la muestra 35930 con respecto a la tasa de crecimiento e inhibición

4.5 Estimados de Toxicidad

Muestra	EC	Concentración	Límites de confianza 95%	
35930	50	44.469	31.888	62.015

Tabla 10. Estimados de toxicidad muestra 35930. Para la determinación se usó el programa Probit versión 1.5

5. INTERPRETACIÓN:

De acuerdo a la Resolución 0062, 2007 del IDEAM, la muestra analizada al 100% se considera ECOTÓXICA, ya que la inhibición de la densidad celular fue mayor a 50%, aunque la inhibición de la tasa de crecimiento no alcanzó al 50%.

6. OBSERVACIONES:

Los resultados aplican únicamente para la muestra analizada, la cual NO fue recolectada por personal del laboratorio ni bajo la supervisión del mismo.

Elaborado por:

Microb. KEILE BRUGÉS
Analista

Revisado por:

Q. CÉSAR AUGUSTO COY V.
Responsable Técnico

Aprobado por:

DRA. MARTHA CRISTINA BUSTOS LOPEZ
Coordinadora Laboratorio Ingeniería Ambiental

FIN DE DOCUMENTO

Cra 30 No. 45-03 Edificio 406 IEI Facultad de Ingeniería piso 2° Oficina 228
Teléfono: (57-1) 316 5551 Conmutador: (57-1) 316 5000 Ext. 13322 – 13333
Correo electrónico: labingamb_fibog@unal.edu.co
Bogotá, Colombia, Sur América

Patrimonio de todos los colombianos.

ENSAYO DE INHIBICIÓN DEL CRECIMIENTO DE UN CULTIVO DE ALGAS- *Selenastrum capricornutum*	**Pág. 1 de 5**
Informe No 35933	
Fecha de Emisión: 2020/03/31	**LIA-FT-097 V.05**

1. INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Cliente:	OSACR JAVIER SUAREZ
Empresa:	OSCAR JAVIER SUAREZ
Persona a contactar:	Natalia Loaiza Cordero
Dirección / Ciudad:	Carrera 30 No 45-03 Bogotá
Teléfono. Fijo/Fax/Móvil:	3165000
Toma de Muestra / Fecha de Toma de Muestra:	No / 2020-02-19. Hora: 8:30 a.m.
Fecha de Recepción de la muestra:	2020-02-19
Procedencia:	Curtidos al cromo
Punto de Captación:	Curtiembres San Benito
Municipio/Departamento:	Bogotá/Cundinamarca

2. CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA

Identificación Cliente: No Aplica
Identificación Interna: Muestra No. 35933
Características físicas:

Propiedad	Resultado
Aspecto	Residuo sólido, húmedo, tipo lodo

Tabla 1. Características físicas de muestra recibida

Envase recibido: Bolsa plástica

3. ENSAYOS

3.1 Obtención de la fracción ajustada de agua del desecho (WAF)

Cantidad de muestra	100 mg en 1 litro de solución de dilución
Muestra No.	35933
Solución de dilución	Medio de cultivo para las algas (*Selenastrum capricornutum*)
Condiciones de extracción	Agitador Orbital: Lab-line Environ 175±1 rpm a 20±2°C por 7 días

Tabla 2. Características de la fracción ajustada de agua de desecho (WAF)

Cra 30 No. 45-03 Edificio 406 IEI Facultad de Ingeniería piso 2° Oficina 228
Teléfono: (57-1) 316 5551 Conmutador: (57-1) 316 5000 Ext. 13322 – 13333
Correo electrónico: labingamb_fibog@unal.edu.co
Bogotá, Colombia, Sur América

Patrimonio de todos los colombianos.

3.2 Condiciones de cultivo

Organismo de Prueba y Condiciones de Cultivo	
Nombre	*Selenastrum capricornutum* (Nombre actual: *Pseudokirchneriella subcapitata)*
Proveedor	National Water Institute of Canada
Reproducción	Mitosis
Medio de Propagación	OECD
Iluminación	Continua
Método de Ensayo	OECD 201, Freshwater Alga and Cyanobacteria Growth Inhibition Test. OECD Guidelines for Testing of Chemicals. Adopted 23 March 2006
Punto Final	Inhibición del Crecimiento a 72h
Agua de Dilución	Medio OECD

Tabla 3. Organismos de prueba y Condiciones de cultivo para el ensayo sobre la muestra 35933

3.3 Características fisicoquímicas del agua de dilución medio algas

Parámetro	Unidades	Método	Resultado
pH	Unidades	Potenciométrico	8.10

Tabla 4. Características del agua de dilución para el ensayo sobre la muestra 35933

3.4 Condiciones de la prueba

Tipo Ensayo	Crónico, estático
Edad Organismo	Cultivo en Fase Exponencial
Número de réplicas	3
Número de organismos iniciales por réplica	10000 células/mL
Temperatura	20°C± 2°C
Método de Conteo	Microscópico, Cámara de Newbauer
Fecha inicio ensayo	2020/03/09
Fecha finalización	2020/03/12
Sustancia de referencia	$CL_{50\text{-}72h}$: 0,35 mg $Cr+^{6}$/ L

Tabla 5. Condiciones del ensayo de toxicidad de *Selenastrum capricornatum*. * CL50-72h: concentración letal cincuenta a 72 horas

4. RESULTADOS

Las características fisicoquímicas de la muestra antes y después del ensayo de inhibición del crecimiento para la muestra 35933 se ilustran en la tabla 6. La inhibición del crecimiento, comparación de áreas bajo la curva de crecimiento, inhibición de densidad celular y tasa de crecimiento obtenida en el ensayo se registran en las tablas 7, 8 y 9.

Cra 30 No. 45-03 Edificio 406 IEI Facultad de Ingeniería piso 2° Oficina 228
Teléfono: (57-1) 316 5551 Conmutador: (57-1) 316 5000 Ext. 13322 – 13333
Correo electrónico: labingamb_fibog@unal.edu.co
Bogotá, Colombia, Sur América

Patrimonio de todos los colombianos.

4.1 Características fisicoquímicas del WAF en los recipientes de prueba

WAF 35933	pH (unidades)		Temperatura (°C)	
	Inicio Ensayo	Final Ensayo	Inicio Ensayo	Final Ensayo
	7.98	8.54	23.1	23.9

Tabla 6. Características fisicoquímicas del WAF que representa la muestra 35933

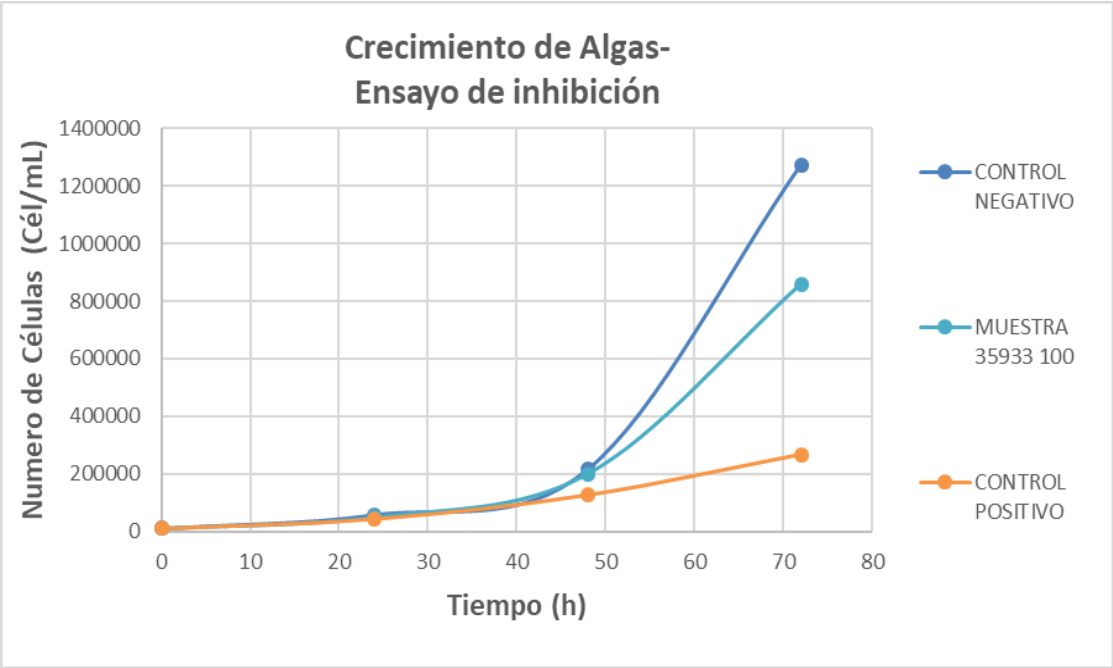
4.2 Densidad Celular y gráfica de inhibición de crecimiento

Ensayo	Réplicas	Número de Células / ml			
		Inicio	24 h	48 h	72 h
Control Negativo	R1	10000	57500	205000	1250000
	R2	10000	52500	230000	1350000
	R3	10000	62500	212500	1225000
	PROMEDIO	**10000**	**57500**	**215833**	**1275000**
	D. Estándar	**0**	**5000**	**12829**	**66144**
	C. Variación	**0,0**	**8,7**	**5,9**	**5,2**
Muestra 35933-100	R1	10000	55000	187500	875000
	R2	10000	40000	165000	825000
	R3	10000	55000	247500	875000
	PROMEDIO	**10000**	**50000**	**200000**	**858333**
	D. Estándar	**0**	**8660**	**42647**	**28868**
	C. Variación	**0**	**17**	**21**	**3**
Control Positivo	R1	10000	50000	140000	275000
	R2	10000	40000	145000	250000
	R3	10000	40000	95000	275000
	PROMEDIO	**10000**	**43333**	**126667**	**266667**
	D. Estándar	**0**	**5774**	**27538**	**14434**
	C. Variación	**0**	**13**	**22**	**5**

Tabla 7. Resultados de la muestra 35933 en el ensayo de Inhibición del crecimiento del cultivo de *Selenastrum capricornatum.*

Cra 30 No. 45-03 Edificio 406 IEI Facultad de Ingeniería piso 2° Oficina 228
Teléfono: (57-1) 316 5551 Conmutador: (57-1) 316 5000 Ext. 13322 – 13333
Correo electrónico: labingamb_fibog@unal.edu.co
Bogotá, Colombia, Sur América

Patrimonio de todos los colombianos.



Gráfica 1. Crecimiento de *Selenastrum capricornatum* en la muestra 35933

4.3 Comparación de áreas bajo la curva de crecimiento e inhibición densidad celular

Muestra	ÁREA BAJO LA CURVA	INHIBICIÓN DENSIDAD CELULAR A 72 h (%)
Control negativo	885833	N.A
Muestra 35933	654167	26
Control Positivo	278333	69
Nota: "Si la inhibición de la densidad celular o inhibición de la tasa de crecimiento son mayores o iguales al 50 por ciento el desecho debe ser clasificado como ECOTOXICO" (Parágrafo 6.4 Sección I. Resolución 0062, 2007 IDEAM) ***N.A:*** No Aplica		

Tabla 8. Resultados de la muestra 35933 en la comparación de áreas e inhibición de densidad celular

4.4 Tasas de crecimiento e inhibición de la tasa de crecimiento

Muestra	Tasa de Crecimiento (d^{-1})	INHIBICIÓN TASA DE CRECIMIENTO 72 h (%)
Control negativo	1.6	N.A
Muestra 35933	1.5	8.2
Control Positivo	1.1	32.3
Nota: "Si la inhibición de la densidad celular o inhibición de la tasa de crecimiento son mayores o iguales al 50 por ciento el desecho debe ser clasificado como ECOTOXICO" (Parágrafo 6.4 Sección I. Resolución 0062, 2007 IDEAM) ***N.A:*** No Aplica		

Tabla 9. Resultados de la muestra 35933 con respecto a la tasa de crecimiento e inhibición.

5. INTERPRETACIÓN:

De acuerdo a la Resolución 0062, 2007 del IDEAM, la muestra analizada se considera NO ECOTÓXICA.

6. OBSERVACIONES:

Los resultados aplican únicamente para la muestra analizada, la cual NO fue recolectada por personal del laboratorio ni bajo la supervisión del mismo.

Elaborado por:

Microb. KEILE BRUGÉS
Analista

Revisado por:

Q. CÉSAR AUGUSTO COY V.
Responsable Técnico

Aprobado por:

DRA. MARTHA CRISTINA BUSTOS LOPEZ
Coordinadora Laboratorio Ingeniería Ambiental

_____FIN DE DOCUMENTO_____

Cra 30 No. 45-03 Edificio 406 IEI Facultad de Ingeniería piso 2° Oficina 228
Teléfono: (57-1) 316 5551 Conmutador: (57-1) 316 5000 Ext. 13322 – 13333
Correo electrónico: labingamb_fibog@unal.edu.co
Bogotá, Colombia, Sur América

Patrimonio de todos los colombianos.